ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès
des sciences au service du genre humain

VOLUME XII Octobre 1953 NUMÉRO 48

SOMMAIRE

Article de Tête: Un centenaire en stéréochimie 171

547.425:577.11
Rôle biologique des dérivés organiques du soufre — FREDERICK CHALLENGER — 173

92:54
George Wilson (1631–1711) — F. W. GIBBS — 183

598.883
Les trochilidés ou colibris — J. BERLIOZ — 187

551.594.2:621.396.821:621.3.018.7
Les formes d'onde des atmosphériques — M. W. CHIPLONKAR — 192

578.682(091)
Les premières découvertes du microscope — CHARLES SINGER — 199

595.752.3:591.5
Quelques aspects de la biologie des Cochenilles — F. L. C. BARANYOVITS — 204

681.4:535.421
Fabrication des réseaux à diffraction — L. A. SAYCE — 212

049.3
Revue des livres 219

Livres reçus 224

Notes biographiques sur les collaborateurs 225

Rédacteur en chef: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.
Rédacteur adjoint: TREVOR I. WILLIAMS, M.A., B.Sc., D.Phil., F.R.I.C.
Pour les éditions étrangères: J. A. WILCKEN, B.Sc., Ph.D.

Imperial Chemical Industries Limited, Millbank, Londres, S.W.1
Prière d'adresser toute correspondance à la rédaction, North Block, Thames House, Millbank, Londres, S.W.1

Un centenaire en stéréochimie

Plusieurs événements récents nous ont rappelé qu'il y a plus de cent ans que la stéréochimie existe. D'abord il y eut en 1948 cent ans révolus depuis que Pasteur découvrit le dédoublement spontané du racémate sodico-ammonique; puis ce fut, en 1952, le centenaire de la naissance de van 't Hoff, et enfin, cette année, cent ans se sont écoulés depuis que Pasteur réalisa la séparation optique de l'acide racémique à partir de bases optiquement actives. Des trois méthodes pastoriennes de séparation optique celle-ci, la deuxième, subordonnée au début à la formation de sels à partir de bases ou d'acides optiquement actifs, s'est révélée de loin la plus importante au point de vue pratique: on a longtemps pu l'appeler la méthode «par formation de sels», étant donné qu'elle dépendait de la séparation par une action physique, la cristallisation fractionnée, de deux sels stéréoïsomères.

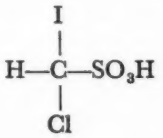
C'étaient primitivement soit les alcaloïdes ou leurs dérivés, soit l'acide tartrique droit, qui servaient d'agents de séparation. Une foule d'autres du même type ont été utilisés depuis. Ladenburg avait opéré un nombre considérable de séparations (y-compris celle de la cicutine en 1888) en se servant seulement de l'acide tartrique droit, quand Marckwald imagina en 1896 d'utiliser l'acide tartrique gauche comme agent complémentaire: on put alors, au moyen de celui-ci, isoler à coup sûr le deuxième stéréoïsomère basique après que le premier eut été obtenu au moyen de l'acide droit. La préparation (en 1908) des adrénalines gauche et droite pures à partir d'une base synthétique fournit un exemple frappant de cette méthode.

Kipping et Pope donnèrent à la stéréochimie, à la fin du XIXe siècle, une impulsion encore plus grande par l'utilisation d'acides sulfoniques actifs dérivés du camphre, notamment le fameux «acide π» (acide α-bromo-camphorique-π-sulfonique droit) découvert en 1895. Trois ans plus tard Reychler mit en évidence un acide cristallin, l'acide 10-sulfocamphorique droit. Ces acides monobasiques concentrés, et d'autres du même genre, se révélèrent très stables au point de vue stéréochimique et capables de former avec de nombreuses bases organiques des sels à cristaux de belle venue. Leur mise en usage eut une influence marquée sur le développement de la stéréochimie au cours du demi-siècle suivant.

Ce sont surtout Pope et ses collaborateurs qui en profitèrent. Les succès qu'ils obtiennent en 1899 avec la pavine, la tétrahydroquinaldine et autres bases aboutissent, la même année, au dédoublement des sels de benzylphénylallylméthylammonium, de type N*abcd*X. Ils démontrent ainsi pour la première fois que ce n'est pas seulement l'atome de carbone qui donne lieu à la dissymétrie moléculaire: Pope et son école réalisent peu après la preuve expérimentale que les atomes d'étain, de soufre et de sélénium ont la même particularité. Ces découvertes constituent le progrès le plus frappant en stéréochimie depuis les travaux des grands précurseurs: Pasteur, Wislicenus et van 't Hoff.

Par la suite la deuxième méthode pastorienne appliquée à des composés appropriés ajoute considérablement aux résultats déjà obtenus par Pope dans ce domaine. Ainsi, Holliman et Mann, en 1943, préparent au moyen de l'acide π un sel d'arsonium dissymétrique, optiquement inactif, ce qui découle logiquement du dédoublement, réalisé par Pope 44 ans auparavant, d'un composé organique azoté. C'est seulement l'application de la deuxième méthode de Pasteur qui a permis à d'autres chercheurs de mener à bien leurs travaux sur les dérivés organiques optiquement actifs, notamment ceux du phosphore, du soufre, du sélénium et du silicium.

En 1914 Pope et Read inaugurèrent une variante de la technique, comportant la précipitation fractionnée continue, et cela conduisit au dédoublement de l'acide chloro-iodométhane-sulfonique,



la première substance de moins de trois atomes de carbone à la molécule dont le pouvoir rotatoire ait été reconnu et qui est restée d'ailleurs jusqu'ici le plus simple des composés optiquement actifs. Read et McMath ont démontré plus tard (1925–27) que ces systèmes moléculaires simples se racémisent d'habitude très facilement et deviennent parfois asymétriques.

Alors que les recherches de Pope étaient encore à leurs débuts, la deuxième méthode de Pasteur menait à d'intéressantes découvertes dans d'autres domaines de la Chimie organique: E. Fischer la mit à profit en 1899 pour le dédoublement de certains acides aminés synthétiques: en traitant les acides avec de la brucine puis de la strychnine, il

réussit à plusieurs reprises à séparer les formes droites des gauches. D'autre part, Pickard et ses collaborateurs amorcèrent en 1904 des techniques de dédoublement des alcools compensés, dont la plus efficace met en jeu le dédoublement d'un ester acide approprié (notamment le phthalate ou succinate) de l'alcool en cause au moyen de bases actives.

Une méthode antérieure (1904) s'écartait de la méthode pastorienne en ce que deux esters carbamiques diastéréoïsomères y remplaçaient les deux sels diastéréoïsomères. A partir de 1931, grâce à Read et à ses collaborateurs, le dédoublement des alcools, surtout des alcools terpéniques, à l'aide d'esters cristallins prit un essor considérable. Divers diastéréoïsomères de condensation ont aussi donné de bons résultats dans d'autres variantes de la méthode primitive, notamment les bases de Schiff (Erlenmeyer jeune, 1903), des amides substituées (Kipping et Salway, 1904) et des produits de condensation de bases compensées en présence d'hydroxyméthylènecamphre droit et gauche (Pope et Read, 1909).

Un développement de la deuxième méthode de Pasteur, comportant la première dérogation au principe fondamental primitif, résulte de recherches amorcées par Marckwald et McKenzie: ils découvrent en 1899, que le mandélate (droit) de menthyle (gauche) se forme plus vite que son inverse quand le menthol gauche est chauffé avec de l'acide mandélique en excès. La méthode pastorienne est statique et physique, tandis que la variante ci-dessus, dynamique et chimique, utilise la réaction elle-même comme agent de dédoublement. En général, de telles méthodes ne sont pas en faveur comme méthodes pratiques; à titre d'exception toutefois, Pope et Read isolèrent, en 1913, de la tétrahydroquinaldine droite par condensation d'un excès de la base en présence d'hydroxyméthylènecamphre gauche.

Le présent exposé des remarquables progrès en stéréochimie qu'a permis la deuxième méthode pastorienne de dédoublement optique s'est borné aux composés dont la molécule contient au moins un atome dit «asymétrique» (C*abcd*, N*abcd*X, etc.) lequel donne naissance aux formes énantiomorphes en raison de l'asymétrie du système tétraédrique dont il fait partie. Cependant van 't Hoff avait reconnu en 1875 que la présence d'un tel atome n'était qu'un indice de la dissymétrie de la molécule entière; il avait postulé en outre l'existence de molécules dissymétriques ne contenant pas d'atome asymétrique, telles, par exemple, celle des allènes du type *ab*C:C:C*cd*. Les expériences de Perkin, Pope et Wallach démontrèrent, en 1909, la validité de l'hypothèse: ils dédoublèrent, au moyen de la brucine, l'acide 1-méthyl*cyclo*hexylidène-4-acétique. Encore une fois la deuxième méthode de Pasteur avait mené à une découverte de premier plan en stéréochimie, le fondement même de tous les travaux modernes dans cette science, selon un avis exprimé en 1940. Elle a confirmé l'hypothèse de van 't Hoff selon laquelle tout corps dont la molécule ne possède pas de plan de symétrie peut exister sous des formes optiquement actives.

Alfred Werner partant de cette donnée générale a déduit la formule stéréochimique d'une foule de composés «de coordination», leur assignant une configuration octaédrique ayant au centre des atomes métalliques: cobalt, chrome, platine, fer et autres. Il fit la synthèse d'un premier composé actif de cette catégorie en 1911 au moyen de l'acide π et selon la deuxième méthode pastorienne.

Les travaux de Werner élargirent considérablement le champ de la stéréochimie, et lui permirent même de réaliser la synthèse d'un composé complexe minéral ne possédant pas d'atome de carbone mais doué en solution d'activité optique.

D'autres recherches fondées sur la deuxième méthode de Pasteur sont orientées vers les molécules dissymétriques optiquement actives en vertu d'une rotation entravée autour d'une liaison simple: une expérience faite par Christie et Kenner en 1921 sur les diphénols substitués ont suggéré ces travaux, lesquels ont par la suite beaucoup bénéficié des idées et des investigations de Mills, Adams, Turner et autres.

Le bref inventaire qui est dressé ici des répercussions d'une découverte que Pasteur a faite il y a cent ans met amplement en évidence son rôle prépondérant dans les étonnants progrès d'une discipline qui a conquis le vaste champ de la Chimie organique, et commence à s'infiltrer dans celui de la Chimie minérale.

Rôle biologique des dérivés organiques du soufre

par FREDERICK CHALLENGER

Depuis une trentaine d'années la mise en œuvre de méthodes perfectionnées, surtout celle des indicateurs radioactifs, a permis de se rendre compte avec plus de précision du rôle que tient le soufre dans les organismes vivants. L'auteur et ses collaborateurs ont participé étroitement aux recherches dont il donne ici un rapide aperçu, notamment sur les phénomènes de méthylation et de transméthylation. Il est aussi question de l'origine du facteur toxique dans la farine agénisée.

Jusque vers 1922 environ, les composés organiques sulfurés naturels suscitent relativement peu d'études systématiques. On a établi avec certitude la présence de la cystine,

$CO_2H.CH(NH_2).CH_2.S.S.CH_2.CH(NH_2).CO_2H$,

dans la kératine, protéine des cheveux, de la peau et des ongles, et reconnu son importance biologique. En 1921, Hopkins découvre dans la levure, les globules rouges et les tissus animaux, le glutathion, «catalyseur» d'oxydo-réduction. C'est le tripeptide glutamylcystéinylglycine. Sous sa forme oxydée, c'est un dérivé de la cystine, et sous sa forme réduite, il contient un reste cystéine

$$HS.CH_2.CH(NH_2).COOH.$$

Ces travaux ont stimulé l'étude du type de réaction $R.S.S.R \rightleftarrows 2RSH$.

En dehors de ce domaine, on s'est occupé de composés naturels comme les sénévols, les sulfures, R_2S, disulfures R_2S_2 et mercaptans RSH (R: radical organique), et d'esters sulfuriques naturels comme les sulfates de polyoses des algues et du cartilage, et les sulfates de phénol de l'urine des animaux. L'odeur et le goût caractéristiques de la moutarde, du cresson, des capucines, et de nombreuses Crucifères sont dus à la présence de glucosides complexes de sénévols aliphatiques, parfois aromatiques, qui, par hydrolyse, se décomposent souvent en glucose, bisulfate de potassium, et sénévol à odeur piquante. Les graines de moutarde donnent l'allylsénévol $CH_2{:}CH.CH_2.N{:}C{:}S$, et la capucine des jardins (*Tropaeolaceae*), l'isothiocyanate de l'alcool phényléthylique

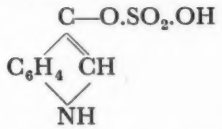
$$C_6H_5.CH_2.CH_2.N{:}C{:}S;$$

dans les graines de ravenelle, on trouve la chéiroline,

$CH_3.SO_2.CH_2.CH_2.CH_2.N{:}C{:}S$, et l'érysoline,

$$CH_3.SO_2.CH_2.CH_2.CH_2.CH_2.N{:}C{:}S.$$

L'acide sulfurique joue un rôle important dans la désintoxication de produits normaux de métabolisme, et de corps «étrangers», autres que des aliments, qui ont pu être ingérés. Ainsi le phénol et l'indoxyle, produits de métabolisme protéique provenant respectivement de la tyrosine et du tryptophane sont éliminés à l'état d'esters sulfuriques: les acides phénylsulfurique et indoxylsulfurique $C_6H_5.O.SO_2.OH$ et



Le sulfate de phénol le plus abondant de l'urine humaine, est l'acide *p*-crésolsulfurique, qu'on trouve aussi en grande quantité dans l'urine de cheval; dans le cas de l'étalon, le cycle aromatique peut provenir de l'œstrone, aussi bien que de la tyrosine. Le naphtalène et le bromobenzène, administrés à des animaux sont hydroxylés, et excrétés à l'état de sel de potassium des acides α-naphtolsulfurique et *p*-bromophénolsulfurique. Le problème de la genèse des acides phénolsulfuriques chez les animaux a été examiné par R. T. Williams [1].

En 1923, Mueller isole un nouvel acide aminé, le méthionine, à partir des produits d'hydrolyse de la laine, du blanc d'œuf, ou de la caséine [2]. Sa formule structurale est:

$$CH_3.S.CH_2.CH_2.CH(NH_2).COOH$$

Elle a été obtenue par synthèse [3] en 1928. Barger remarque que sa confiance en cette structure s'est trouvée renforcée du fait de l'analogie qu'elle présente avec celle de la chéiroline. On retrouve la même chaîne C.S.C.C.C.N. Déjà auparavant, des chercheurs avaient insisté sur cette

correspondance entre plusieurs acides aminés et certains sénévols naturels et sur la quasi-certitude d'une relation génétique entre les deux groupes, par exemple, entre $C_6H_5.CH_2.CH(NH_2).COOH$ (phénylalanine) et $C_6H_5.CH_2.CH_2.N{:}C{:}S$. Dans les graines de ravenelle, il y a un homologue de la chéiroline, l'érysoline, et on trouvera peut-être un jour l'homométhionine dans la nature. On a récemment isolé des radis le sulforaphène et le nitrile correspondant. Ils possèdent la chaîne C—S—C de l'homométhionine. Nous verrons plus loin qu'on peut considérer la méthionine comme le précurseur de plusieurs autres composés naturels, ou de composés obtenus à partir de sources naturelles au moyen de réactifs convenables. Elle joue donc un rôle prépondérant dans la biochimie du soufre.

MÉTHYLATION CHEZ LES ANIMAUX

Après avoir reconnu la présence de la méthionine dans les protéines, on s'est livré à une étude approfondie de ses propriétés, surtout celles qui sont en relation avec la croissance animale et la méthylation biologique. Dans ce domaine, du Vigneaud et ses collaborateurs, ont obtenu bien des résultats remarquables; il en est question dans plusieurs revues [4, 5]. Le développement historique des recherches y est traité avec un soin tout particulier.

Les premiers chercheurs ont reconnu que la méthionine était indispensable à la croissance des rats. De plus, comme la choline, elle peut ramener à l'état normal des rats qui, soumis à un régime déficient en choline, présentent les conditions pathologiques appelées dégénérescence graisseuse du foie et reins hémorragiques. Certains composés, dépourvus de méthyle, comme l'analogue triéthylique de la choline, guérissent aussi les animaux, et l'effet semble être dû à l'accumulation ou à la formation de choline ou de composés analogues. Quoi qu'il en soit, l'étude de ces deux états pathologiques a influencé le développement du concept de méthyle mobile énoncé pour la première fois en termes généraux par Hofmeister [6], au cours de ses études sur la volatilisation du tellure par les animaux. Celle-ci, pensait-il — sans doute correctement, mais la preuve est encore à faire — est due à la formation de tellurure de méthyle. Il considérait que les tissus capables de méthyler possèdent déjà le groupe méthyle. Ils produisent une méthylation de la pyridine ou du tellure, alors que dans les conditions normales, ce sont d'autres composés méthylés — dérivés de la choline et de la créatine — qui se forment. Il ne mentionne pas de façon précise la choline ou la bétaïne comme source de méthyles. C'est Riesser [7] qui suggère, en 1913, que ces corps pourraient perdre un méthyle. Celui-ci se retrouverait dans la créatine et dans les composés volatils (probablement méthylés) à base de sélénium et de tellure, qui se forment lorsqu'on administre des dérivés de ces éléments à l'homme ou aux animaux. Il cherche à confirmer son point de vue par quelques expériences purement chimiques. Le chauffage de tellurite ou de sélénite de sodium avec du formiate de sodium et des sels de choline ou de bétaïne dégage des odeurs voisines de celles du séléniure et du tellurure de méthyle. Mais il ne fait pas d'identification chimique des composés formés. Récemment, on a examiné en plus le cas du sulfite et identifié avec certitude les sulfure, séléniure et tellurure de méthyle, formés par transfert de groupes méthyles [8].

Ce concept de transméthylation, à partir d'un réservoir, ou d'un donneur de méthyle, a été utilisé par du Vigneaud dans ses études sur le processus de méthylation chez les animaux, et par l'auteur, comme fil directeur pour essayer d'élucider le mécanisme de la méthylation mycologique. En 1939, dans des expériences maintenant classiques [5], du Vigneaud montre que de jeunes rats blancs, incapables de se développer avec un régime dépourvu de choline ou de méthionine, contenant cependant le dérivé déméthylé homocystine,

$$(COOH.CH(NH_2).CH_2.CH_2.S)_2$$

se développent normalement si on ajoute de la choline $(CH_3)_3\overset{+}{N}(\overset{-}{O}H).CH_2.CH_2.OH$ à leur alimentation. On interprète ceci en admettant le passage (transméthylation) d'un méthyle de la choline sur l'homocystéine (forme thiol, RSH de l'homocystine, R.S.S.R), avec formation de méthionine, d'où croissance possible. On a prouvé cette hypothèse en donnant aux rats de la méthionine marquée au deutérium sur le groupe méthyle. On trouve alors que la choline et la créatine des tissus et la créatinine de l'urine contiennent une proportion très élevée de deutérium sur le méthyle — 85% du maximum théoriquement possible. Le méthyle a été transféré en bloc, car le pourcentage retrouvé, 85%, est bien supérieur à 66,7%, maximum possible s'il y avait élimination par oxydation de CD_2O, redonnant finalement

$$[(CD_2H)_3N.CH_2.CH_2.OH]^+OH^-.$$

Plus tard, du Vigneaud poursuit l'alimentation à la méthionine pendant trois mois et obtient 90% de deutérium. La réaction est réversible: la

deutériocholine, donnée à un rat, se transforme en deutérocréatine, et aussi en deutérométhionine, qui a été isolée. On a ainsi montré que la méthionine, la choline, puis la bétaïne,

$$(CH_3)_3\overset{+}{N}.CH_2.CO.\overset{-}{O},$$

possédaient un méthyle mobile. A partir de méthionine, on a pu mettre en évidence le passage du méthyle marqué sur la créatine, l'ansérine, la bétaïne et l'adrénaline, chez des organismes aussi variés que l'homme, le lapin, le rat, ou les plantules de blé. Le méthyle passe alors du soufre sur l'azote. On a montré récemment [9] que la méthionine peut être la source du méthyle des groupements méthoxyles de la lignine, lorsqu'on l'administre à des plantules d'orge bien développées. C'est probablement la première fois qu'on observe un transfert du soufre à l'oxygène.

Dans certaines de ces expériences, et dans la plupart de celles qui ont suivi, on a utilisé la méthionine marquée avec l'isotope radioactif C^{14}. Si on emploie un mélange de deutério-L-méthionine et de C^{14}-L-méthionine, le rapport D : C^{14}, pour le méthyle, dans la choline et dans la créatine, est le même que dans la méthionine isotopique administrée. Ceci donne une preuve définitive de l'exactitude de l'hypothèse de la transméthylation.

MÉTHYLATION PAR LES MOISISSURES

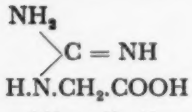
On a déjà dit qu'il était possible d'expliquer par transméthylation, la méthylation que produisent certaines moisissures, particulièrement *Scopulariopsis brevicaulis*, *Aspergillus niger* et *Penicillium notatum*. Les cultures de *S. brevicaulis* transforment l'anhydride arsénieux, le sélénate ou le sélénite de soude, le tellurite de soude, et les disulfures dialkyliques respectivement en triméthylarsine, séléniure de méthyle, $(CH_3)_2Se$, tellurure de méthyle $(CH_3)_2Te$, mercaptans et méthylsulfures aliphatiques.

Le champignon qui détruit le bois, *Schizophyllum commune*, à la différence de ces moisissures, peut transformer le sulfate minéral en méthylmercaptan et sulfure de méthyle [13, 14]. Admettons qu'il y ait transméthylation: on suppose alors plusieurs étapes intermédiaires: enlèvement au donneur d'un groupement méthyle, à l'état de radical positif, ou peut-être neutre, capturé par les électrons libres de l'ion minéral $:\overline{A}sO_3H_2$, $:\overline{S}eO_3H$, ou $C_nH_{2n+1}.\overline{S}$—, la première étape intermédiaire est alors $CH_3AsO_3H_2$, ou CH_3SeO_3H; par réduction suivie d'une nouvelle méthylation, ces composés peuvent se transformer en triméthylarsine et séléniure de méthyle. On pourra trouver dans plusieurs revues l'exposé des recherches effectuées dans ce domaine par l'auteur et ses étudiants depuis 1931, avec une discussion complète des expériences destinées à vérifier les diverses hypothèses [4].

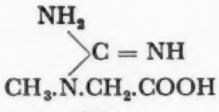
Pendant ces deux dernières années, Lisle, dans le laboratoire de l'auteur, a étudié le comportement de la choline, de la bétaïne et de la méthionine, marquées avec C^{14} sur un méthyle, ainsi que celui du formiate de soude, $H.C^{14}OONa$, dans des cultures sur pain de *S. brevicaulis* et *A. niger*, contenant de l'acide arsénieux ou du sélénate de soude. Les travaux récents de Sakami en Amérique et de Arnstein en Grande-Bretagne ont prouvé conclusivement que, chez le rat, le carbone du formiate est une source possible de méthyle, et apparaît en fin de compte dans la choline des tissus. D'autres fragments à un carbone, détachés de la glycine, de la sérine, et de l'acétone, peuvent jouer le même rôle. Il y a donc là une voie différente de la transméthylation, bien que celle-ci intervienne peut-être à la dernière étape. Dans les expériences de Lisle, on recueille comme d'habitude la triméthylarsine et le séléniure de méthyle dans une solution acidifiée de chlorure mercurique, et on compare l'activité du produit d'addition précipité à celle du composé radioactif ajouté aux cultures. On exprime la teneur du précipité en $C^{14}H_3$ en % de celle que l'on aurait observée si tous les groupements $C^{14}H_3$ provenaient de la milimole de donneur ou source de méthyle ajoutée au milieu.

Avec *S. brevicaulis*, les proportions utilisées à la formation de triméthylarsine sont, à partir du chlorure de choline, 1,9; de la bétaïne, 0,7; du formiate de soude (5 milimoles), 3,1; de la DL-méthionine, 28,3%. Dans le cas du séléniure de méthyle, les chiffres correspondants sont 1,2; 1,2; 4,4; et 25,5%. Avec *A. niger* et 5 milimoles de source de méthyle dans chaque cas, les pourcentages sont: chlorure de choline 1,0; bétaïne 5,3; formiate de soude 2,0; DL-méthionine 44,0. Avec des cultures d'*Aspergillus niger* sur milieu liquide, le rendement à partir de la méthionine atteint 90%. Ces expériences suggèrent que non seulement la méthionine joue le rôle de donneur de méthyle, mais encore qu'elle intervient dans les dernières étapes, sinon précisément dans la dernière étape de la transméthylation. La choline, la bétaïne et le formiate servent peut-être seulement à la formation de méthionine, avant le transfert de méthyle final. Signalons que la choline doit subir d'abord une oxydation en bétaïne, avant qu'il puisse y avoir transméthylation au sein de certaines préparations enzymatiques d'origine animale

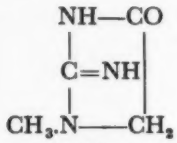
[10]. De plus, la choline est incapable d'opérer la méthylation de l'acide guanido-acétique en créatine, dans les tissus de foie en survie, en l'absence d'homocystine [11*a*].



Acide guanidoacétique



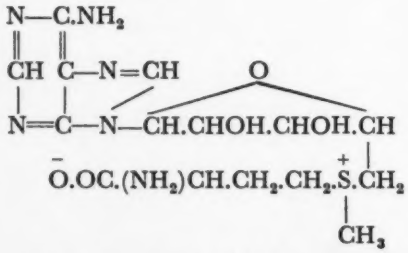
Créatine



Créatinine

On peut donc s'attendre à ce que le formiate et la bétaïne soient plus efficaces dans les expériences de transméthylation par les cultures de moisissure, en présence de DL-homocystine, puisque celle-ci peut donner par fission réductrice la DL-homocystéine, elle-même transformable par méthylation en méthionine. Des expériences préliminaires de Dransfield confirment cette prévision: la transméthylation est de 2 à 4 fois plus importante qu'en l'absence d'homocystine.

On avait suggéré que la méthionine, avant le transfert du méthyle, se transformait en composé quaternaire, mais sans preuve définitive. Récemment, Cantoni [11*b*] a signalé que dans une préparation enzymatique extraite du foie de lapin, et contenant de l'adénosine-triphosphate, l'addition de méthionine libère de l'acide ortho-phosphorique avec formation d'une méthionine «active», capable d'après lui d'effectuer le transfert de méthyle. Il lui attribue cette structure quaternaire:



qui contient un ion S-adénosylméthionine. Ce composé a été isolé par chromatographie, et la présence du fragment adényle démontrée par spectroscopie. Une réaction colorée à l'orcinol, et la formation de créatine, indiquent la présence d'un pentose et d'un groupement méthyle mobile. Par hydrolyse acide, il se forme de l'adénine, avec, apparemment, de l'homosérine, et un thioribose, ou un méthylthioribose. Ceci explique l'importance de l'adénosine triphosphate dans les méthylations biologiques, et établit une connexion fort intéressante avec l'adénylthiométhylpentose,

$$C_5H_4N_5.C_4H_6O_3.CH_2.S.CH_3,$$

déjà isolé de la levure, qui est donc en relation avec la méthionine. Il n'est pas impossible que la S-adénosyl-homocystéine,

$$C_5H_4N_5.C_4H_6O_3.CH_2.S.(CH_2)_2.CH(NH)_2.CO_2H$$

existe à l'état naturel.

RUPTURE ET MÉTHYLATION AU NIVEAU DES LIAISONS MONO- ET DISULFURE

Il faut noter que *S. brevicaulis* ne produit pas de sulfure de méthyle à partir de sulfate minéral. On a essayé d'autres dérivés du soufre, tant minéraux qu'organiques, en grand nombre, mais sans qu'il y ait eu dégagement de dérivé méthylé volatil. L'existence, à l'état naturel, de la méthionine et de la chéiroline et leur rapport structural avec cystéine et cystine, ont suggéré que des composés contenant les groupements —SH ou —S.S— seraient plus facilement méthylables par certaines moisissures. Cette conception s'est trouvée justifiée [12].

Certains disulfures (de méthyle à *n*-amyle) sont ajoutés, à l'état de suspension aqueuse stérile diluée, à des cultures sur pain. On trouve, parmi les produits volatils, l'alkylthiol, R.SH, le disulfure inaltéré, R.S.S.R, et le sulfure mixte d'alkyle et de méthyle, $R.S.CH_3$. Le disulfure d'allyle se comporte de même. On le trouve dans l'ail (*Allium sativum*), ce qui laisse penser qu'on trouvera un jour dans les *Cruciferae* le sulfure de méthyle et d'allyle. La rupture du pont disulfure par *S. brevicaulis* semble une réaction générale des disulfures aliphatiques simples. On trouve le *n*-butylthiol dans la sécrétion de la mouffette. On dit qu'il y a aussi des isopentanethiols et des traces de méthanethiol.

En utilisant la même source de méthyle radioactive que précédemment, dans des cultures sur pain de *S. brevicaulis* contenant du disulfure d'éthyle, Dransfield a montré que l'éthanethiol (séparé à l'état de thiolate $(C_2H_5S)_2Hg$) n'était pas radioactif — résultat attendu — mais que le chloromercurate du sulfure d'éthyle et de méthyle l'était. Les pourcentages de $C^{14}H_3$ dans ce sulfure, provenant des sources de méthyle ajoutées étaient à peu près les mêmes que dans les expériences avec de l'anhydride arsénieux ou du sélénate de sodium. Comme lors des expériences de du Vigneaud et de

son école avec la méthionine-C^{14}, on observe l'oxydation d'une proportion considérable du carbone marqué en gaz carbonique avec tous ces substrats.

Le travail sur la rupture du pont disulfure par *S. brevicaulis* [12] a été suivi par l'observation que la même moisissure peut rompre la liaison soufre-carbone. Pour élucider le mécanisme de formation du méthanethiol à partir de sulfate minéral dans les cultures de *Schizophyllum commune* [13, 14], on a examiné le comportement de la DL-méthionine dans les cultures de ce champignon. Il n'y a pas dégagement de quantités appréciables de méthanethiol, mais avec des cultures sur pain de *S. brevicaulis*, le même acide aminé permet d'obtenir facilement le méthanethiol et le sulfure de méthyle. Il y a donc eu rupture et méthylation. Dans les mêmes conditions, les S-méthyl-, S-éthyl- et S-*n*-propylcystéine, $RS.CH_2.CH(NH_2).COOH$, donnent les alkanethiols correspondants et le sulfure mixte de méthyle et d'alkyle. La rupture de la liaison C—S semble être un type nouveau de réaction mycologique. On peut se demander si c'est une réduction ou une hydrolyse [14].

Cette rupture a deux contreparties intéressantes en biochimie animale. L'acide aminé dissymétrique cystathionine,

$$HO_2C.CH(NH_2).CH_2.S.(CH_2)_2.CH(NH_2).CO_2H$$

en présence de foie de rat, de coupes de rein, ou d'extraits de foie de rat par des solutions salines, se transforme en cystine. La cystathionine joue un rôle important dans la conversion biologique de la méthionine en cystéine, et de celle-ci en cystine. Comme on l'a montré avec des isotopes, elle se transforme en cystéine par rupture de la liaison sulfure. C'est à la chaîne carbonée la plus courte que reste attaché le soufre. La cystathionine provient probablement de la méthionine par déméthylation en homocystéine, suivie d'une condensation avec la sérine, $HO.CH_2.CH(NH_2).COOH$. Du Vigneaud a décrit les travaux qui ont permis cette découverte [5].

Quelques années après Binkley [15] a obtenu avec l'enzyme thionase des tissus animaux, des résultats analogues à ceux de l'auteur et de Charlton avec les alkylcystéines. Des préparations enzymatiques purifiées, activées avec le glutathion, catalysent la conversion des S-alkylcystéines (de méthyl à butyl), en thiols correspondants. Les dérivés S-carboxyméthyl et S-carboxyéthyl libèrent lentement les acides thioacétique et β-thiopropionique,

$$HS.CH_2.COOH \text{ et } HS.CH_2.CH_2.COOH.$$

LANTHIONINE

Comme autre acide aminé sulfuré, il y a la lanthionine,

$$HO_2C.CH(NH_2).CH_2.S.CH_2.CH(NH_2).CO_2H,$$

obtenue d'abord par action d'une solution de carbonate de soude sur la laine [16], puis de la même façon à partir d'autres protéines, comme les cheveux. Il y a un atome de soufre de moins que dans la cystine, mais elle ne peut manifestement pas se former par simple élimination d'un atome de soufre du milieu de la chaîne. Il y a probablement d'abord rupture hydrolytique de la cystine, avec formation de (*a*) $HOOC.CH(NH_2).CH_2.SH$ et (*b*) $HOOC.CH(NH_2).CH_2.S.OH$. La cystéine, en tant que mercaptan, peut réagir (I) sur la sérine, $CH_2OH.CH(NH_2).COOH$ présente dans la protéine de la laine (ou provenant de (*b*) par perte de soufre), avec élimination d'eau, ou (II) sur l'acide α-aminoacrylique

$$HOOC.C(NH_2) = CH_2,$$

qui pourrait provenir de la sérine ou de l'alanine, par déshydratation ou déshydrogénation respectivement. On a montré récemment l'importance considérable de la sérine en biochimie animale. Quant au deuxième type de réaction (II), on peut le réaliser au laboratoire. L'acide α-acétylaminoacrylique et la cystéine réagissent en milieu légèrement alcalin, pour donner le dérivé acétylé de la lanthionine [36]. On a décelé en 1946 la lanthionine dans les bouts de laine crue par chromatographie sur papier après hydrolyse.

Il a fallu attendre encore quelques années pour avoir des preuves de la présence de la lanthionine dans des protéines non traitées préalablement par des bases. On vient d'isoler la forme *meso* de la lanthionine à partir des produits d'hydrolyse du polypeptide antibiotique subtiline, sécrété par une souche particulière de *Bacillus subtilis* [17*a*]. Ce peptide contient plus de 4% de soufre, mais pas de groupement disulfure ni thiol. On sépare la lanthionine de l'hydrolysat — qui ne contient ni cystine ni méthionine — par fractionnement des phosphotungstates, ou par la méthode utilisée par Horn et ses collaborateurs [16]. L'hydrolyse se fait en l'absence de bases. On identifie la lanthionine par ses dérivés, et par les rayons X. C'est apparemment l'isomère L de la lanthionine, et non la forme *meso* qui se scinde avec formation de cystine chez le rat, comme dans le cas de la cystathionine.

Vraisemblablement, un examen plus attentif de divers produits naturels révélera la présence de

dérivés sulfurés encore non identifiés. Un travail préliminaire sur l'oignon [17*b*] a mis en évidence le propane-1-thiol $CH_3.CH_2.CH_2.SH$ parmi les produits volatils qui se dégagent des bulbes fraîchement hachés. C'est la première fois qu'on le trouve à l'état naturel, bien que l'auteur et Rawlings aient observé sa formation à partir du disulfure correspondant dans des cultures de *Scopulariopsis brevicaulis* [12].

LES SULFOXYDES NATURELS

Stoll et Seebeck [18] ont montré récemment que le disulfure d'allyle de l'ail dérive probablement de l'alliine, présente dans la même plante, qui est le sulfoxyde correspondant à la S-allylcystéine,

$$\underset{\substack{\downarrow \\ O}}{CH_2{:}CH.CH_2.S.CH_2.CH(NH_2)COOH.}$$

Ce dernier composé, croit-on, se transforme facilement en allicine, isolée de l'ail par Cavallito [19], de structure vraisemblable

$$\underset{\substack{\downarrow \\ O}}{CH_2{:}CH.CH_2.S.S.CH_2.CH{:}CH_2,}$$

et précurseur immédiat probable du disulfure d'allyle. La méthionine, après une série de réactions faisant intervenir la cystathionine pourrait être le précurseur de l'alliine, ou résulter plus simplement de la réaction de l'allylmercaptan sur la sérine, suivie d'une oxydation en sulfoxyde. L'allicine et l'alliine ont été les premiers sulfoxydes découverts à l'état naturel, sauf peut-être le 2-hydroxy-éthyl-sulfoxyde $(HO.CH_2.CH_2)_2S{\rightarrow}O$, isolé des surrénales de bœuf. Peu après, Schmid et Karrer [20] ont découvert le sulforaphène

$$\underset{\substack{\downarrow \\ O}}{CH_3.S.CH{:}CH.CH_2.CH_2.N{:}C{:}S,}$$

et le nitrile correspondant dans les radis. Ces deux composés présentent l'activité optique. Il n'y a pas de carbone asymétrique, et ce sont les deux premiers exemples de sulfoxydes naturels qui doivent leur activité à l'asymétrie d'un groupement $R'.\underset{\substack{\downarrow \\ O}}{S}.R''$. L'alliine contient à la fois un carbone et un groupement sulfoxyde asymétriques. Les premiers sulfoxydes actifs sur la lumière polarisée ont été préparés et résolus en 1926 par Kenyon et Phillips. Cette éclatante confirmation de leurs travaux expérimentaux a dû causer une satisfaction considérable à ces auteurs.

UN COMPOSÉ SULFONIUM NATUREL

On a déjà parlé des sulfones naturelles dérivant de la méthionine et de l'homométhionine. Récemment, Karrer et Eugster [21] ont publié l'isolement de la diméthylsulfone à partir de diverses espèces d'*Equisetum*, et un peu auparavant, Smythe avait trouvé le même composé dans le sang de bœuf desséché. Elle pourrait se former par décarboxylation de

$$CH_3.SO_2.CH_2.COOH, \quad \text{ou} \quad SO_2(CH_2.COOH)_2,$$

mais les recherches ci-dessous indiquent plutôt une oxydation du sulfure de méthyle, que dégagent, d'après Haas [22], les algues marines rouges *Polysiphonia fastigiata* et *P. nigrescens*, lorsqu'on les sort de la mer pour les exposer à l'air. L'auteur a montré que ce sulfure est absolument exempt de méthanethiol, disulfure de méthyle ou d'un autre sulfure quelconque. On peut se demander si le dégagement de sulfure est un phénomène métabolique essentiel de l'algue, ou s'il résulte de conditions anormales. Si l'on immerge l'algue, encore attachée à son hôte, *Ascophyllum nodosum*, dans un bocal d'eau de mer immédiatement après l'avoir enlevée des bâches rocheuses, et qu'on fasse passer au travers un courant d'air, il n'y a pas dégagement de sulfure pendant au moins 24 heures. Mais si l'algue, détachée de son hôte, est placée dans de l'eau du robinet, ou de l'eau distillée, le sulfure de méthyle apparaît en quelques heures. Le broyage avec du sable, pendant l'immersion dans l'eau distillée en facilite le départ. L'immersion dans l'eau bouillante inhibe le dégagement lorsque l'algue est ensuite exposée à l'air. Le processus semble donc enzymatique, et lié à des conditions légèrement anormales. Par ébullition prolongée dans l'eau, ou par traitement à la soude caustique, on obtient du sulfure de méthyle, sans doute par hydrolyse purement chimique de quelque précurseur. En examinant un extrait alcoolique de *P. fastigiata* [23] on a obtenu un sel cristallisé, reconnu comme étant le chlorure $(CH_3)_2\overset{+}{S}(\overset{-}{Cl}).CH_2.CH_2.COOH$ (chlorure de diméthyl-β-propiothétine, ainsi appelé d'après son analogie structurale avec le chlorure de bétaïne $(CH_3)_3\overset{+}{N}(\overset{-}{Cl}).CH_2.COOH$), après analyse et comparaison de dérivés nombreux à des spécimens authentiques. C'est la première preuve de l'existence d'un dérivé sulfonium dans une plante. Bywood a isolé récemment la même thétine d'une autre algue marine, vert brillant,

Enteromorpha intestinalis. Il est possible que la thétine soit présente dans l'algue sous forme de peptide ou d'ester, et que l'anion soit un ion polyosesulfate.

D'après Woolley [37], Shive aurait annoncé l'isolement, à partir du chou, du chlorure de méthioninemethylsulfonium

$$(CH_3)_2\overset{+}{S}(\overset{-}{Cl}).CH_2.CH_2.CH(NH_2).CO_2H.$$

C'est la deuxième fois que l'on rencontre un dérivé sulfonium dans les plantes. La thétine pourrait provenir du sel de sulfonium de Shive par oxydation, désamination et décarboxylation. Dans le laboratoire de l'auteur, Dransfield a trouvé que le chlorure de méthioninemethylsulfonium, marqué avec C^{14} sur un méthyle, peut fournir 36% des méthyles du séléniure de méthyle qui se dégage de cultures d'*A. niger* contenant du sélénate de soude.

Du point de vue chimique, ce dégagement de sulfure rappelle la formation de triméthylamine dans les fleurs du chénopode puant (*Chenopodium vulvaria*), laquelle est due, d'après Cromwell [24], à l'action d'un enzyme sur la choline. La bétaïne, par contre, résiste à l'action d'une préparation enzymatique de la plante. La triméthylamine des fleurs d'aubépine (*Crataegus oxyacanthoides*) et de cotonnier, (*Gossypium barbadense*), provient peut-être également d'une décomposition de la choline.

Lorsque du Vigneaud a établi la mobilité du méthyle de la méthionine, de la choline, et de la bétaïne, il a montré simultanément que le chlorure de diméthylacétothétine,

$$(CH_3)_2\overset{+}{S}(\overset{-}{Cl}).CH_2.COOH,$$

— encore inconnu à l'état naturel — partageait cette propriété. Après l'isolement de la thétine homologue des algues, Maw et du Vigneaud [25] ont montré que celle-ci également contenait un méthyle labile, et permettait la croissance de rats soumis à un régime sans méthionine, mais contenant de l'homocystine. A ce point de vue, les chlorures de thétine sont plus actifs que la bétaïne. Dubnoff et Borsook [26] ont montré qu'ils étaient également plus actifs dans la formation de méthionine à partir de l'homocystéine par la transméthylase des préparations de foie et de rein. Aucune de ces thétines n'a encore été trouvée dans le règne animal.

Ces résultats invitent à rechercher les composés sulfoniums chez d'autres plantes. On a chauffé en présence de soude caustique les graines de lupin, le café vert, et les graines de moutarde indienne (*Brassica juncea*) et recueilli par aspiration les vapeurs dans du chlorure mercurique. Il n'y a pas eu formation de sulfure de méthyle, bien qu'on ait prétendu qu'il y en avait dans les graines de la plante dernière nommée. La présence de diméthylsulfone chez les *Equisetaceae* invite à y rechercher un composé sulfonium. En présence de soude chaude, dans un courant d'air, les plantes entières *Equisetum telmateia* (*E. maximum*) et *E. fluviatile*, et les cônes sporulants de *E. palustre* libèrent de petites quantités de sulfure de méthyle, caractérisé par le chloromercurate. Il n'y a pas de mercaptans. Il est presque certain que le sulfure ne vient pas de la sulfone par réduction. En effet, celle-ci, chauffée en présence de soude, de glucose et de papier-filtre (pour s'approcher dans la mesure du possible des conditions expérimentales) ne se transforme pas en sulfure de méthyle. D'ailleurs, on s'attendrait difficilement à la réduction de la sulfone très stable dans ces conditions. La fougère commune (*Pteridium aquilinum*), particulièrement les jeunes pousses, dégage facilement du sulfure de méthyle, caractérisé par les dérivés suivants: chloromercurate, sulfilimine,

$$((CH_3)_2S \rightarrow N.SO_2.C_6H_4.CH_3),$$

et picrate de diméthylbenzylsulfonium, avec preuve par mélange. La fougère *Athyrium filix-femina* libère également de très petites quantités du même sulfure par traitement aux bases chaudes. Au cours d'une étude sur les composés sulfurés de l'asperge, on a trouvé dans l'extrait acétonique, des traces de sulfure de méthyle, encore mis en évidence par le chloromercurate. Il semble très probable que les composés méthylsulfonium se retrouvent fréquemment à l'état naturel chez les plantes.

Jansen [27] a récemment isolé des asperges l'acide 2:2′-dithiolisobutyrique,

$$(HS.CH_2)_2.CH.COOH,$$

sous la forme disulfure. L'acide 1-céto-2 thiol-propionique (acide β-thiolpyruvique)

$$HS.CH_2.CO.COOH,$$

pourrait en être le précurseur.

Il y aurait condensation de l'acide cétonique, issu d'une désamination oxydative de la cystéine, avec l'acide acétique, suivie de la formation de l'acide éthylénique par perte d'eau et de gaz carbonique. Puis l'addition d'hydrogène sulfuré (provenant d'une décomposition enzymatique de la cystéine) donnerait l'acide dithiolisobutyrique.

$$HS.CH_2.CH(NH_2)COOH \rightarrow HS.CH_2.CO.COOH$$
$$\xrightarrow{H.CH_2COOH} HS.CH_2.C(OH)(COOH).CH_2.CO_2H$$
$$\xrightarrow{-HOH} HS.CH_2.C(COOH):CH.COOH \xrightarrow{-CO_2}$$
$$HS.CH_2.C(CO_2H):CH_2 \xrightarrow{H.SH} (HS.CH_2)_2CH.CO_2H$$

On connaît déjà ce type de réactions d'addition de l'hydrogène sulfuré ou des mercaptans sur des composés carbonylés αβ-éthyléniques. Les étapes intermédiaires de ce schéma rappellent le mécanisme postulé pour la formation de l'acide citrique dans les cultures de moisissures (pour laquelle on veut faire intervenir une réaction de l'acide acétique, sur les acides malique ou oxalacétique) et pour sa conversion en acides aconitique et itaconique, qui ont été décelés respectivement dans la betterave à sucre et dans les cultures de divers *Aspergillus* spp, en particulier *A. terreus*.

PRÉSENCE D'UNE SULFOXIMINE TOXIQUE DANS LA FARINE «AGÉNISÉE»

Il y a deux ou trois ans, on s'est penché sur l'action toxique (hystérie et convulsions), sur les chiens et certains autres animaux, de la farine traitée par des traces de trichlorure d'azote à l'état vapeur pour améliorer ses propriétés boulangères. La première observation est due à Sir Edward Mellanby [28], qui a fait lui-même ensuite des recherches, ainsi que Moran [29], Bentley [30] et leurs collaborateurs, tous avec des résultats similaires. Le facteur toxique provient de l'action du trichlorure d'azote (agène) sur le gluten, protéine de la farine de blé. Ce traitement rend également toxiques d'autres protéines, comme la zéine, la caséine, l'albumine de l'œuf, l'hémoglobine, et les protéines du riz, mais n'agit ni sur la kératine, ni sur l'arachine. Les protéines qui deviennent toxiques sont relativement riches en méthionine, les autres en sont pauvres ou dépourvues. De plus l'oxydation partielle à l'eau oxygénée de la caséine et de la zéine, qui attaque les restes méthionines, transforme ces protéines en une substance qui ne devient pas toxique par action du trichlorure d'azote. Mais la méthionine libre, et les produits d'hydrolyse de la zéine et de la caséine ne donnent aucun produit toxique avec l'agène. On obtient dans le cas de la méthionine le sulfoxyde ou la sulfone. On a donc traité la zéine, le gluten, et l'albumine de l'œuf par la vapeur de trichlorure d'azote, et hydrolysé le produit de réaction par l'enzyme pancréatine ou par voie chimique. Une longue série d'opérations: dialyse, extraction au phénol, hydrolyse, extraction des produits secondaires au butanol, précipitation à l'acétone, électrodialyse, fractionnement sur échangeur d'ion, partage chromatographique et recristallisation dans l'alcool, a donné un produit de formule $C_5H_{12}O_3N_2S$. Par traitement au nickel de Raney, il y a formation d'acide α-amino-*n*-butyrique et de sulfure de nickel. Le dosage de l'azote $—NH_2$ ne révèle qu'un seul groupement aminé. On a donc proposé la formule

$$\begin{array}{c} NH \\ \uparrow \\ CH_3S.CH_2.CH_2.CH(NH_2).COOH \\ \downarrow \\ O \end{array}$$

pour le nouveau composé. On ne connaissait pas encore ce type de structure, qui présente quelque analogie avec celle des sulfoxydes $\begin{matrix} R \\ R \end{matrix}\!\!>\!S\rightarrow O$ et des sulfones $\begin{matrix} R \\ R \end{matrix}\!\!>\!S\!\!<\!\!\begin{matrix} O \\ O \end{matrix}$. On a appelé ce composé méthionine-sulfoximine. La synthèse se fait par action de l'azothydrate de sodium NaN_3 sur le sulfoxyde de la méthionine, en solution dans l'acide sulfurique et le chloroforme:

$$CH_3S(O).CH_2.CH_2.CH(NH_2).COOH + HN_3 = \begin{array}{c} NH \\ \uparrow \\ CH_3S.CH_2.CH_2.CH(NH_2).COOH. \\ \downarrow \\ O \end{array}$$

Le composé synthétique est identique aux points de vue point de fusion, forme cristalline, propriétés chimiques, comportement chromatographique sur papier, et action physiologique, avec le composé retiré d'une protéine agénisée. Le représentant le plus simple de la série des sulfoximines, $(CH_3)_2S\!\!<\!\!\begin{matrix} O \\ NH \end{matrix}$, se prépare de la même façon à partir du diméthylsulfoxyde. On a fait la synthèse de plusieurs analogues [31], tels que les dérivés di-*n*-amyl, diphényl, et méthyl-*p*-tolyl, ainsi que de la sulfoximine dérivant de la S-méthyl-cystéine, $\begin{array}{c} O \\ \uparrow \\ CH_3.S.CH_2.CH(NH_2).COOH. \\ \downarrow \\ NH \end{array}$

α-TERTHIÉNYLES ET DÉRIVÉS POLY-ACÉTYLÉNIQUES NATURELS

L'auteur, et d'autres chercheurs [32] ont trouvé des dithiényles isomères dans le distillat purifié obtenu après réaction de l'acétylène sur le soufre bouillant. Plus tard, Sease et Zechmeister [33] ont isolé l'α-terthiényle à partir des fleurs du souci

indien, *Tagetes erecta* (*Compositae*). Bien des représentants de cet ordre contiennent des dérivés polyacétyléniques; c'est ainsi que Sörensen et Stene [34] ont isolé le composé diacétylénique diéthylénique

$$Me.CH{:}CH.C{:}C.C{:}C.CH{:}CH.CO.OMe$$

de *Matricaria inodora*, plante très voisine de la camomille commune. Le dérivé dihydrogéné correspondant

$$Me.CH_2.CH_2.C{:}C.C{:}C.CH{:}CH.CO.OMe$$

existe dans *Lachnophyllum gossypinum* [35]. L'oxyde de Carlina, (benzyl-2-furylacétylène) se trouve dans l'huile obtenue à partir des racines de *Cirsium acaule*.

Il faut peut-être voir plus qu'une coïncidence dans le fait que le seul exemple enregistré jusqu'à présent d'un véritable dérivé du thiophène dans une plante se trouve dans une famille dont tant de représentants contiennent des dérivés polyacétyléniques. L'origine de l'α-terthiényle pourrait se trouver dans la réaction de l'hydrogène sulfuré (provenant peut-être de la cystine) avec un composé à chaîne droite contenant un système acétylénique-éthylénique, et peut-être aussi des groupements méthylène, comme dans le dernier composé cité ci-dessus. Il pourrait intervenir d'autres réactions, telles qu'oxydations, décarboxylations, ou deshydrogénations. On peut certainement dire qu'un hydrocarbure ou un acide à longue chaîne peuvent tout aussi bien servir de point de départ. Cependant, la présence de liaisons éthyléniques ou acétyléniques faciliterait sans aucun doute la cyclisation.

La β-biotine est un exemple de produit naturel, avec un noyau thiophène modifié. Il y a un reste urée, condensé avec un cycle tétrahydrothiophène, portant une chaîne latérale $—(CH_2)_4.COOH$. Il y a beaucoup d'acides gras éthyléniques naturels, tels que les acides acétyléniques érythrogénique,

$$CH_2{:}CH.C{:}C.(CH_2)_4.C{:}C.(CH_2)_7.COOH \text{ ou}$$
$$CH_2{:}CH.(CH_2)_4.C{:}C.C{:}C.(CH_2)_7.COOH,$$

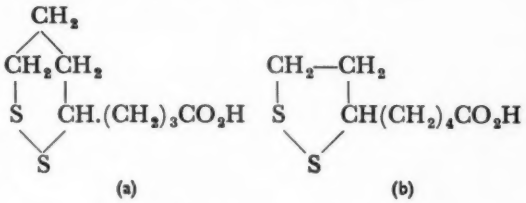
et taririque, $Me.(CH_2)_{10}.C{:}C.(CH_2)_4.COOH$, qui contiennent le groupement $(CH_2)_4.C{:}C—$, et il est bien possible que l'hétérocycle de la biotine, comme la chaîne latérale proviennent d'un acide de ce type.

On a isolé, de la levure, la biocytine [39]: c'est un peptide de la biotine, où l'hétérocycle porte la chaîne latérale

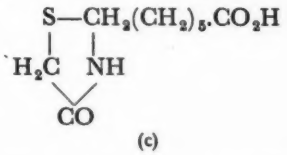
$$—(CH_2)_4.CO.NH.(CH_2)_4.CH(NH_2).CO_2H.$$

C'est, comme la biotine, un facteur de croissance pour plusieurs microorganismes.

On a isolé du foie, et d'autres sources, un autre facteur de croissance, l'acide α-lipoïque. C'est apparemment un dérivé du dithiane-1:2 [38] (*a*); on a aussi proposé la formule (*b*)



L'acide actithiazique (*c*) est un nouvel antibiotique, produit par *Streptomyces virginae*



C'est l'acide 4-thiazolidone-2-caproïque, comme le montre la formation du semi-aldéhyde pimélique, sous l'effet des alcalis ou du chlorure mercurique [38]. D'ailleurs cet aldéhyde redonne l'acide actithiazique racémique, par traitement à la thioglycollamide, $HS.CH_2.CO.NH_2$. Cette rupture de cycle rappelle l'action de l'acétate mercurique en solution méthanolique, puis du chlorure mercurique, sur le cycle thiazolidine de l'ester méthylique de la benzylpénicilline [40].

BIBLIOGRAPHIE

[1] WILLIAMS, R. T. «Detoxication Mechanisms». Chapman and Hall, Londres. 1947.
[2] MUELLER, J. H. *J. biol. Chem.*, **56**, 1157, 1923.
[3] BARGER, G. et COYNE, F. R. *Biochem. J.*, **22**, 1417, 1928.
[4] CHALLENGER, F. *Chem. Rev.*, **36**, 315, 1945; *Rep. Progr. Chem.*, **42**, 262, 1946; *Advanc. Enzymol.*, **12**, 429, 1951.
[5] DU VIGNEAUD, V. «A Trail of Research». Cornell University Press, Ithaca, New York. 1952.
[6] HOFMEISTER, F. *Arch. exp. Path. Pharmak.*, **22**, 253, 1887.
[7] RIESSER, O. *Hoppe-Seyl. Z.*, **86**, 440, 1913.
[8] CHALLENGER, F. et HIGGINBOTTOM, CONSTANCE, *Biochem. J.*, **29**, 1757, 1935.
[9] BYERRUM, R. U. et FLOKSTRA, J. H. *Fed. Proc.*, **11**, 193, 1952.
[10] DUBNOFF, J. W. *Ibid.*, **8**, 195, 1949.
[11*a*] BORSOOK, H. et DUBNOFF, J. W. *J. biol. Chem.*, **160**, 635, 1945.

[11b] CANTONI, G. L. *J. Amer. chem. Soc.*, **74**, 2942, 1952.
[12] CHALLENGER, F. et RAWLINGS, A. A. *J. chem. Soc.*, 868, 1937.
BLACKBURN, S. et CHALLENGER, F. *Ibid.*, 1872, 1938.
[13] BIRKINSHAW, J. H., FINDLAY, W. P. K., et WEBB, R. A., *Biochem. J.*, **36**, 526, 1942.
[14] CHALLENGER, F. et CHARLTON, P. T. *J. chem. Soc.*, 424, 1947.
[15] BINKLEY, F. *J. biol. Chem.*, **186**, 287, 1950.
[16] HORN, M. J., JONES, D. B., et RINGEL, S. J. *Ibid.*, **138**, 141, 1941.
[17a] ALDERTON, G. et FEVOLD, H. L. *J. Amer. chem. Soc.*, **73**, 463, 1951.
[17b] CHALLENGER, F. et GREENWOOD, D. *Biochem. J.*, **44**, 87, 1949.
[18] STOLL, A. et SEEBECK, E. *Helv. chim. acta*, **32**, 197, 1949.
[19] CAVALLITO, C. J., BAILEY, J. H., et BUCK, J. S. *J. Amer. chem. Soc.*, **67**, 1032, 1945.
[20] SCHMID, H. et KARRER, P. *Helv. chim. acta*, **31**, 1497, 1948.
[21] KARRER, P. et EUGSTER, C. H. *Ibid.*, **32**, 957, 2397, 1949.
[22] HAAS, P. *Biochem. J.*, **29**, 1298, 1935.
[23] CHALLENGER, F. et SIMPSON, MARGARET I. *J. chem. Soc.*, 1591, 1938.
[24] CROMWELL, B. T. *Biochem. J.*, **46**, 578, 1950.
[25] MAW, G. A. et DU VIGNEAUD, V. *J. biol. Chem.*, **174**, 381, 1948.
[26] DUBNOFF, J. W. et BORSOOK, H. *Ibid.*, **176**, 789, 1948.
[27] JANSEN, E. F. *Ibid.*, **176**, 657, 1948.
[28] MELLANBY, E. *Brit. med. J.*, **2**, 885, 1946.
[29] BENTLEY, H. R., MCDERMOTT, E. E., MORAN, T., PACE, J., et WHITEHEAD, J. K. *Proc. roy. Soc.* B, **137**, 402, 1950.
[30] BENTLEY, H. R., MCDERMOTT, E. E., et WHITEHEAD, J. K. *Ibid.*, **138**, 265, 1951.
[31] MISANI, F., FAIR, T. W., et REINER, L. *J. Amer. chem. Soc.*, **73**, 459, 1951.
[32] BRUCE, J., CHALLENGER, F., GIBSON, H. B., et ALLENBY, W. *J. Inst. Petrol.*, **34**, 226, 1948.
[33] ZECHMEISTER, L. et SEASE, J. W. *J. Amer. chem. Soc.*, **69**, 273, 1947.
[34] SÖRENSEN, N. A. et STENE, J. *Liebigs Ann.*, **549**, 80, 1941.
[35] WILJAMS, W. N., SMIRNOW, V. S., et GOLJMOW, J. P. *Žh. Obshch. Khim.* [*J. Chim. gén., Moscou*], A, **5**, 1195, 1935.
[36] SCHÖBERL, A. et WAGNER, A. *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, **80**, 379, 1947.
[37] WOOLLEY, D. W. *Nature, Lond.*, **171**, 327, 1953.
[38] WALKER, J. *Rep. Progr. Chem.*, **49**, 209, 1952.
LASCELLES, J. *Ibid.*, **49**, 253, 1952.
[39] *Idem. Ibid.*, **49**, 255, 1952.
[40] COOK, A. H. *Quart. Rev. Chem. Soc., Lond.*, **2**, 228, 1948.

George Wilson (1631–1711)

par F. W. GIBBS

En plein XVIIe siècle, à un moment où toute science était embrumée de superstition et d'occultisme, le mérite de George Wilson fut de tenter des expériences honnêtes et d'en décrire les résultats dans une langue claire et directe. Ses travaux et son enseignement ont assuré la continuité des progrès de la Chimie et préparé la voie à ceux qui un siècle plus tard ont créé la Chimie moderne: à ce titre il mérite d'être tiré de l'injuste oubli où il a été relégué jusqu'ici.

George Wilson, membre de la Corporation des Merciers de Londres, appartenait également à la phalange des chimistes, «artistes merveilleusement habiles et consciencieux», selon le mot admiratif du médecin-apothicaire Quincy. Trois siècles se sont écoulés depuis que Wilson commença à exercer son art — car la Chimie n'était pas encore une science —, mais bien qu'il eût vécu à l'époque de l'alchimie, des recettes magiques et des pratiques occultes, il se fit bien vite une réputation de probité et de loyauté, accueillant dans son laboratoire tous ceux qui étaient sincèrement épris de Médecine et de Chimie.

George Wilson

Près de vingt ans durant, ses fourneaux fonctionnèrent dans *Watling Street*, paroisse de *St. Mary Aldermary*, à l'enseigne d'Hermès Trismégiste. Il passa ses vingt et quelques dernières années à préparer des médicaments, faire des expériences et enseigner la Chimie pratique à l'enseigne de la Tête d'Hermès dans *Well Yard*, quartier de *West Smithfield*: c'est là que se trouve actuellement l'aile orientale de l'hôpital St. Barthélemy. D'autre part c'est dans l'église Saint-Barthélemy le Mineur, également dans l'enceinte actuelle de l'hôpital, que Wilson a été enterré. Rien ne révèle l'emplacement exact de la tombe, l'église ayant été reconstruite au XVIIIe siècle.

Dans l'intervalle obscur qui s'écoule entre les deux sommités, Boyle et Black, Wilson se distingue. Son important manuel, *A Compleat Course of Chymistry*, imprimé pour la première fois chez lui en 1691, fournit l'armature de nombre de cours publics professés depuis cette époque jusqu'au milieu du XVIIIe siècle. La dernière édition parut en 1746. Cela seul devrait suffire, semble-t-il, pour justifier quelque mention de Wilson et de son œuvre dans les histoires de la Chimie, mais celles-ci n'en soufflent pas mot.

La troisième édition (1709) du Manuel de Wilson est ornée d'un portrait gravé de l'auteur, avec l'indication que celui-ci porte allègrement ses soixante-dix-huit ans. Ceci ne fait que fixer à 1631 la date probable de sa naissance, et c'est d'ailleurs le seul détail de sa carrière que l'on trouve dans les ouvrages de référence. Quelques autres détails ont été soit fournis par Wilson lui-même, soit obtenus grâce à l'amabilité des Gouverneurs de l'hôpital St. Barthélemy (qui possède les premiers registres paroissiaux), et de la Corporation des Merciers. A *Somerset House* on peut voir son testament, et enfin la bibliothèque du *Guildhall* et les Archives Municipales contiennent des pièces où il est question de lui. Cette documentation ajoutée aux affiches et annonces qu'il faisait paraître, a permis de reconstituer dans les grandes lignes la carrière de Wilson en remontant de 1711 à 1668. Plus haut on ne trouve rien, très probablement à cause des bouleversements occasionnés par la Peste (1665) et l'Incendie de Londres (1666).

On ne sait rien de certain sur la naissance de Wilson et ses débuts. Tout porte à croire qu'ils furent modestes comme la partie de sa vie que l'on connaît mieux. Il dit dans son livre que les bienfaits d'une instruction régulière lui furent refusés et que «tout ce qu'il avait de science lui venait des feux de son laboratoire».

Quand Boyle fit imprimer en 1661 son *Sceptical Chymist*, Wilson, alors âgé de trente ans, mettait à l'épreuve quelques produits d'un alchimiste de ses amis, une habitude qu'il garda jusqu'à la fin de sa vie.

En 1665, l'année de la Peste, il fut très occupé à préparer de «l'arsenic diaphorétique», du «savon tartareux» et de «l'esprit composé de vipères», armes dérisoires des médecins de l'époque dans leur lutte inégale contre le terrible fléau. Il fabriquait aussi, en chauffant ensemble de l'arsenic, du soufre et de l'antimoine, des «aimants à l'arsenic» que l'on portait sur soi sous forme d'emplâtres ou dans un sachet. Ce fut une période épuisante pour les chimistes et les apothicaires qui étaient restés à Londres; ils furent sans répit sur la brèche. Beaucoup prirent le mal et périrent, parmi eux George Starkey, autre «fils de ses œuvres», réputé pour son habileté à préparer des drogues, surtout celles contenant de la quinine ou de l'opium. Wilson obtint de Starkey, peu avant la mort de celui-ci, la formule de ses célèbres pilules, prototypes des «pilules de savon composé» qui figurèrent pour la première fois dans la Pharmacopée de Londres en 1746. Le «savon» qui entrait dans la composition des pilules de Starkey et celles de Matthews, à qui Starkey avait vendu la formule d'une variante antérieure de la préparation, se composait de sel de tartre et d'essence de térébenthine, qu'on ajoutait comme correctif, ou laxatif, à l'extrait d'opium.

La Peste épargna Wilson, mais le Grand Incendie de 1666 lui fit perdre environ une année de travail. Cependant il eut tôt fait de revenir à ses fourneaux et dès octobre 1667 il avait entrepris des expériences alchimiques sur le mercure.

Les registres paroissiaux de *St. Mary Aldermary*, qui sont tenus de nouveau régulièrement depuis 1668, et les cotes de dîme pour cette année fournissent la preuve que Wilson occupait encore la maison de *Watling Street*. Il y resta jusqu'à la fin du règne de Jacques II (1688). Une entrée dans le registre des membres de la Corporation des Merciers indique qu'il a été admis à la maîtrise par ordre du Conseil des Aldermen le 27 novembre 1668. Son testament corrobore le fait de son affiliation.

On le perd de vue pendant les neuf ans qui suivent, puis en 1677 il reparaît, faisant des expériences avec du mercure et divers amalgames, expériences qui ne furent pas heureuses car l'explosion inopinée de six «œufs» hermétiquement clos et chauffés pendant quatorze mois, lui coûta une grande partie de ses produits. Il se composa un remède contre les rhumatismes dont il souffrait depuis très longtemps et le vendit ensuite sous le nom de «teinture anti-rhumatismale». Le remède prit faveur et pendant des années constitua la principale ressource de sa famille. Il hébergeait parfois chez lui des gens qui désiraient se renseigner sur les préparations chimiques.

Ces détails quelque peu incohérents sont confirmés et élucidés par une affiche que Wilson fit imprimer en 1686. Elle est intitulée *Gaza Chymica: or, a magazin, or storehouse of choice chymical medicines*, et s'adresse aux «Médecins, Apothicaires, Chirurgiens et tous ceux qui s'intéressent aux drogues et aux opérations chimiques». Le document indique les rapports qui existaient alors entre ceux-ci et les chimistes, et renseigne sur les remèdes courants de l'époque, dont *Philo-Chymicus* (Wilson) seul pouvait fournir certains. Il ajoute: «Je mets mon laboratoire à la disposition de ceux d'entre vous qui voudraient y faire leurs propres expériences. Il ne leur sera réclamé que le coût du combustible et des verres, et une modique indemnité pour l'usage de mes fourneaux. Ceux qui voudraient assister à toutes les phases de la préparation des remèdes qu'ils désirent acheter chez moi sont assurés d'un accueil cordial et gratuit».

La vogue acquise par les pilules de Starkey et la teinture anti-rhumatismale fit connaître les autres produits de Wilson. William Paston, Comte de Yarmouth, membre de la *Royal Society* et Trésorier de la Maison du Roi Jacques II, était un client de Wilson, et c'est sans doute grâce à lui que Wilson fut appelé à fournir régulièrement au roi une certaine «eau-de-miel» (appelée «eau de roses et de fleurs d'orangers» dans les livres de la Maison du Roi) qui «adoucit la peau et lui donne un parfum des plus agréables: 30 ou 40 gouttes dans une pinte d'eau pure suffisent pour se laver les mains ou la figure; la même quantité ajoutée à un punch ou autre cordial en relève considérablement la saveur». Il y entrait du miel, des semences de coriandre, du girofle, de la muscade, du benjoin, du styrax, de la vanille et du zeste de citron; le tout macéré dans de l'eau-de-vie puis distillé. Au distillat on ajoutait par-dessus le marché de l'eau de roses et de fleurs d'orangers, du musc et de l'ambre!

Cependant la protection d'un monarque impopulaire et de ses partisans était un bien précaire. En effet au mois de décembre de l'année 1688, quand on apprit que Guillaume d'Orange marchait sur Londres, une foule hostile et surexcitée saccagea le laboratoire de Wilson, prenant ses travaux alchimiques pour de sinistres machinations. «Le 11 décembre écrit-il, je reçus le même traitement que l'ambassadeur d'Espagne. La foule me prenant pour un sorcier, ou pire, détruisit mon athanor et les ustensiles qui y chauffaient sans arrêt depuis sept mois, sous prétexte que je préparais quelque engin diabolique pour brûler la Cité et Whitehall. Cela mit fin à mon expérience».

Après cet incident Wilson va habiter dans *Well Yard*, près de l'hôpital St. Barthélemy, où le Comte de Yarmouth lui procure un logement; il exprime par la suite sa reconnaissance à celui-ci pour toutes les bontés dont il l'a comblé. Rien ne prouve que Wilson ait fait des cours publics avant 1690, mais la chose est probable, étant donné qu'un des objectifs de son livre publié en 1691 est d'aider ceux à qui il enseigne la pratique de la Chimie.

Ses cours eurent grand succès, et en 1694 il les fit annoncer dans les numéros d'avril, mai et juin de l'hebdomadaire de John Houghton intitulé *Collection for Improvement of Husbandry and Trade* (Le Moniteur agricole et industriel). Il est intéressant de noter que c'est là une des premières affiches de ce genre. En voici la traduction:

> «George Wilson fera un cours de Chimie, accompagné de plus de cent expériences, dans *Well Yard*, derrière l'hôpital St. Barthélemy, quartier de *Smithfield*. Ceux qui désirent assister au cours et aux expériences pourront le faire moyennant 3 guinées par place payables comme suit à M. Marmaduke Brown, papetier, à l'enseigne des Clés en sautoir, sur *Ludgate Hill*, près de *Fleet-Bridge*: 2 guinées avant le 2 juillet prochain et une guinée quand le cours aura été fait à moitié, pour en défrayer l'achèvement».

Wilson était sans doute le pharmacien-chimiste le plus connu de son époque, mais il avait des concurrents, tant pour les cours de Chimie que pour les préparations anti-rhumatismales. Deux d'entre eux firent paraître des avis dans le journal de Houghton en 1696: l'un, William Johnson, ancien élève de Boyle, annonce sa compétence en Chimie et en Physique: «Des cours de Chimie accompagnés d'expériences avec la machine pneumatique, des expériences de M. Boyle sur les couleurs, ou de n'importe quelle autre de ses expériences, auront lieu en permanence à l'enseigne de la Tête de Van Helmont, dans *Fetter Lane*. . . ». L'autre proclame que «aux Boules Bleues et les Fourneaux Chimiques, rue Alia, dans *Goodman's Fields*, près du Cheval Noir, on peut se procurer le *Balsamum Anodinum*, baume nouveau et sans pareil qui guérit toutes les douleurs radicalement et sans danger».

Wilson vécut paisiblement dans *Well Yard* et put s'adonner sans interruption à ses travaux chimiques. Une deuxième édition de son livre parut en 1699, une troisième en 1709. Celle-ci contient un exposé des études qui l'ont amené à renoncer à la doctrine de la transmutation. Il se peut que Wilson, à l'instar des conférenciers itinérants du XVIIIe siècle, ait fait changer la page de titre de son livre d'année en année, car on a trouvé des exemplaires datés de 1698 et 1700.

Sa vie privée est peu connue. Sa femme fut sa collaboratrice et apprit à préparer la teinture anti-rhumatismale, vendue non seulement à la Tête d'Hermès, mais aussi par son fils Edward à la Vieille Poule et ses Poussins, près de la nouvelle Bourse dans le *Strand*. Edward mourut jeune, laissant deux fils, Yelverton George et Robert. Wilson annonça un cours pour le 16 avril 1711 dans le *Daily Courant* du 5 avril, mais il n'est pas certain que ce cours ait eu lieu car Wilson mourut peu après, le 15 août probablement, et fut enterré dans l'église paroissiale de St. Barthélemy le Mineur deux jours après. Son testament indique qu'il avait fait à son défunt fils Edward une avance d'hoirie considérable, et qu'il ne pouvait laisser à ses petits-fils que cinq *shillings* chacun, à recevoir quand ils atteindraient l'âge de 21 ans. Il légua à sa femme ses livres, manuscrits et formules, et celle-ci, ainsi que la veuve de son fils, vécurent du produit de la vente de la teinture jusqu'en 1715, année où elle fut sommée de quitter la maison de *Well Yard*; après quoi la famille rentre dans l'obscurité.

Il n'est pas facile d'estimer l'importance de Wilson dans l'histoire de la Chimie. Il faudrait pour cela certaines données dont on ne dispose pas encore. Il y a pourtant des indications que ses activités ont aidé dans une certaine mesure au développement de cette science. Il contribua à faire apprécier les cours de Chimie, lesquels dès lors restèrent en grande demande, étant donné que c'était surtout les étudiants en médecine qui les recherchaient. C'est ainsi que les cours inaugurés par Wilson furent continués par Edward Bright qui possédait un laboratoire à *Whitefriars*, près de *Fleet Street*, et se poursuivirent quelques années. Dans une de ses dernières

affiches Wilson avait pu faire valoir que nombreux étaient ceux qu'il avait initiés à la Chimie, y-compris d'éminents médecins exerçant en Angleterre, en Ecosse, en Irlande, en France, en Italie, en Allemagne, en Suède, et autres pays. Il est également significatif qu'une quatrième édition de son livre parut en 1721 et une cinquième en 1736.

Les ouvrages britanniques et continentaux qui parlent de son œuvre le tiennent pour un chimiste savant et intègre. Tel est l'avis exprimé par John Quincy, médecin-apothicaire, qui l'appelle «l'honnête George Wilson». Les nombreuses éditions de la Pharmacopée de Quincy renferment plusieurs des formules de Wilson, notamment celle de son «eau-de-miel», pompeusement appelée *aqua mellis aromatica*, des *Pillulae Starkei*, du *laudanum balsamicum* (préparation opiacée dont la formule a été communiquée par un ami de Wilson) et d'un «Laudanum liquide, pectoral et sudorifique».

Les descriptions de Wilson étaient, pour l'époque, d'une clarté remarquable et, bien que certains de ses remèdes fleurent la superstition — comme le sachet contre la peste, et l'élixir de crânes humains contre la folie — il se montre bien moins crédule que la plupart de ses contemporains. «J'ai toujours recherché la concision, écrit-il, et je me suis donc appliqué à écarter le frivole et l'inutile. Je réponds à ceux qui critiquent mon style que la clarté est beaucoup plus mon fait que l'ornement, et je pense que dans le sujet qui m'occupe il suffit d'être compris sans difficulté».

En cela le livre de Wilson est seul de son espèce dans la littérature chimique du XVIIe siècle, dû peut-être au fait qu'il n'a pas tenté de mêler la philosophie et la théorie à l'exposé de ses travaux pratiques. Son livre, il est vrai, ne contient guère de conclusions théoriques, mais c'est grâce à sa clarté que Peter Shaw, douze ans après la mort de Wilson, peut dire qu'une réforme de la Chimie a été enfin amorcée, que les auteurs se sont dépouillés de leur hermétisme voulu et tâchent au contraire de se faire comprendre. En outre, les boutiques d'apothicaires ont été débarrassées du fatras dont elles avaient été si longtemps encombrées.

Vers 1730 deux professeurs de Chimie commençaient à se distinguer. C'étaient Shaw lui-même, qui fit un cours à Londres en 1731, et William Lewis qui venait la même année d'obtenir à Cambridge son diplôme de médecin. Selon Shaw, ce n'était pas la médecine seule qui bénéficierait d'une étude bien comprise de la Chimie: les industries britanniques, alors comme aujourd'hui le soutien du pays, pourraient faire de grands progrès si des physiciens et des chimistes se consacraient à l'étude de questions s'y rapportant, et donnaient au pays le moyen de produire ce que l'on importait de l'étranger. Lewis, s'inspirant des idées de Shaw et du livre de Wilson entreprit, dans un laboratoire des environs de *Fetter Lane* des cours visant à l'amélioration des méthodes pharmaceutiques et industrielles. En préparant plusieurs cours de ce genre Lewis avait recueilli des renseignements ignorés de Wilson, ce qui, à son avis, rendait nécessaire une édition élargie de l'ouvrage de celui-ci. La nouvelle édition parut en 1746 et, de ce fait, la manière simple et directe de Wilson put exercer une heureuse influence sur une nouvelle génération de chimistes.

Voici pour conclure l'éloge que fait Lewis (alors membre de la *Royal Society*) de l'auteur du *Compleat Course of Chymistry* près d'un siècle après que celui-ci eut commencé à s'intéresser à ce qui était alors un art presque occulte: «J'ai souvent consulté cet ouvrage car l'accueil que lui a fait le public et l'estime que l'auteur s'est acquise dans les milieux médicaux tant par la sincérité de ses écrits que par son mérite professionnel, m'y engageaient, et je suis heureux de pouvoir affirmer que je l'ai trouvé en toute occasion à la hauteur de sa réputation».

Les trochilidés ou colibris

par J. BERLIOZ

Tous les savants qui l'ont observé ont décrit avec lyrisme ce «bijou de la nature». Le Professeur Berlioz ne fait pas exception à la règle: il résume ici, en un style séduisant, les résultats d'une étude approfondie, faite au cours de ses voyages en Amérique, de ce petit être qui occupe une place spéciale dans le monde des Oiseaux. Ses constatations réfutent certaines croyances traditionnelles au sujet de l'oiseau-mouche.

Il est des groupes d'êtres vivants si profondément spécialisés qu'il est difficile de discerner pour eux une filiation ou même une parenté proche: parmi les Oiseaux, le groupe des Trochilidés, c'est-à-dire les Colibris ou Oiseaux-mouches, est de ceux-là. Tout le monde connaît leur taille minuscule, et la splendeur de leur plumage, et leur vol bourdonnant d'une prodigieuse rapidité. On les a crus longtemps de proches alliés des Passereaux nectarivores et les classifications anciennes les confondaient avec ceux-ci sous le nom de «Ténuirostres». Puis les concepts plus récents leur ont attribué des affinités toutes différentes, en les rangeant au voisinage des Martinets ou Apodidés. Là, les caractères communs du bec et du régime alimentaire, — ici, des analogies évidentes dans la structure des membres et de la queue ont justifié ces rapprochements: mais les premiers ne sont qu'un cas de simple convergence parmi des êtres de constitution par ailleurs totalement différente, et les secondes ne traduisent encore qu'un apparentement pour le moins fort éloigné. D'ailleurs les Colibris offrent aussi quelques homologies avec de tout autres types aviens, notamment, dans la structure de la tête et de la langue, avec les Pics.

Par leur constitution tant interne qu'externe, très homogène dans tout le groupe, les Trochilidés se montrent donc un type bien différent de tous les autres Oiseaux, tout comme la microstructure de leurs plumes leur donne aussi un lustre métallique ou iridescent qui n'appartient qu'à eux.

Le bec, fin, allongé, plus ou moins cylindrique, tantôt droit, tantôt arqué, et la langue bifide, longuement protractile, sont ceux d'Oiseaux nectarivores typiques, vivant essentiellement aux dépens des fleurs.

Le bréchet, énorme, bien plus développé comparativement à la taille que chez aucun autre Oiseau, est l'indice de muscles pectoraux et de facultés voilières exceptionnels, et de fait les Colibris comptent parmi les meilleurs et les plus rapides voiliers.

Les ailes, en forme de palettes se mouvant sur les axes très courts constitués par le squelette, très réduit, des bras, traduisent un mode de vol qui leur est tout à fait particulier et dont ils ne peuvent se départir: le vol vibré, consistant en une suite ininterrompue de battements hélicoïdaux à cadence rapide.

Les pattes, très courtes elles aussi, terminées toujours par quatre doigts aux ongles solides, sont incapables d'assurer à l'Oiseau un déplacement quelconque à terre: elles ne lui servent que pour se poser, pour s'agripper à un support, car le Colibri ne peut guère se déplacer qu'en volant.

Ses mouvements, d'une soudaineté et d'une vélocité déconcertantes, évoquent plus un insecte qu'un Oiseau: on le verra souvent immobile sur son perchoir, mais, l'appétit toujours en éveil, quittant d'un brusque déclic, rapide comme une flèche, son poste pour aller s'abreuver, s'immobilisant durant quelques secondes, sans cesser un instant son vol bourdonnant, devant une fleur, se rejetant en arrière, virevoltant à une vitesse vertigineuse pour visiter quelque autre fleur, puis s'élancer d'un trait vers le ciel, — car c'est le seul de tous les types d'Oiseaux qui puisse voler à reculons et avec une égale aisance dans toutes les directions. Cet incomparable acrobate n'est à l'aise que dans l'air, exactement au même titre que les Macroglosses, ces Papillons sphingides, auxquels il ressemble tellement que plus d'un observateur hésite, dans la nature, à les distinguer, au vol.

Ce vol vibré des Colibris s'accompagne d'une sonorité caractéristique, et dont la tonalité est, selon la règle physique, d'autant plus aiguë que les battements sont plus rapides: 12 à 15 vibrations à la seconde chez les plus grandes espèces (de la taille des Martinets), plus de 50 chez les plus petites (de la taille des Bourdons). La rapidité de ce vol fait que l'observateur perçoit plus aisément la présence d'un Colibri par le son que par la vue. Même, dans les pays riches en espèces variées, on arrive, dit-on, à différencier celles-ci par le son

qu'elles produisent, en rapport avec leur taille, mieux que par leur aspect, souvent peu perceptible en vol tant l'Oiseau est rapide et ténu, ou par leur couleur, trop changeante selon les incidences de la lumière.

La coloration du plumage des Colibris offre en effet une variété de tons et d'éclats qui dépasse celle des plus réputés Lépidoptères; or elle ne doit pas ce privilège à des substances pigmentaires. Celles-ci, des plus simples, existent certes dans ce plumage; mais, examiné à un fort grossissement du microscope, celui-ci se fait remarquer surtout par la structure finement lamellaire des barbules, dont la complication plus ou moins accentuée provoque une décomposition variable de la lumière incidente, en ménageant d'harmonieux effets de chatoiement. Ce sont des plumes dites «optiques», c'est-à-dire que leur apparence est plus fonction des jeux de lumière que de leur pigmentation: sombre et terne sous certains jours, ce plumage prendra sous d'autres un éclat phosphorescent et vivement coloré.

Les auteurs anciens ont comparé, non sans raison, ces couleurs des Colibris à celles des pierres précieuses: le «Rubis-topaze» (*Chrysolampis mosquitus*) mâle offre ainsi sur la tête une vaste cape d'un rouge-rubis à reflets parfois violacés, tandis que sa gorge est d'un jaune-topaze ou orangé éclatant; — la gorge du *Myrtis Fanny* possède une couleur bleue d'aigue-marine polie, d'un type unique chez les Oiseaux; — le plumage sombre de l'*Heliangelus micraster* s'éclaire d'une plaque gutturale qui, vue sous un certain angle, a des feux de braise incandescente. Le vert néanmoins, dans toutes ses tonalités, depuis le vert bronzé, qui paraît être la couleur foncière ou primitive de leur plumage, jusqu'au vert émeraude le plus profond et le plus chatoyant, reste la couleur dominante des Colibris, souvent rehaussée d'ailleurs de plages opaques, noires ou blanc pur, du plus heureux effet.

On croit souvent que, chez les Trochilidés, cet éclatant plumage est l'apanage du seul sexe masculin, les femelles se montrant, chez beaucoup d'espèces, sensiblement plus ternes. C'est là effectivement un cas assez général, mais qui souffre aussi de nombreuses exceptions: d'ailleurs la structure même de ce plumage, dont des détails infimes suffisent à modifier l'aspect de la lumière incidente, indique assez combien les femelles surtout (ce sexe offrant souvent, chez les Oiseaux percheurs, une moindre stabilité d'aspect que les mâles) peuvent être variables en apparence, allant, chez certaines espèces, jusqu'à un andromorphisme plus ou moins précis. Quelques Colibris même, et non des moins brillants, offrent chez les deux sexes l'identité absolue d'un splendide plumage: tel l'«Arc-en-ciel» (*Panterpe insignis*), qui reflète toutes les teintes du prisme; tel encore le «Grenat» (*Eulampis jugularis*), aux couleurs si intenses et si pures. Toutefois un andromorphisme aussi poussé des femelles ne se manifeste guère que dans la coloration: chez tous les types de Trochilidés, où les caractères spécifiques ou même génériques comportent le développement de plumes de parures supplémentaires, aussi curieuses que variées (collerettes et aigrettes des *Lophornis* et des *Popelairia*, rectrices très modifiées des *Acestrura*, *Myrtis*, et genres voisins, etc.), les femelles ne montrent jamais qu'au plus une ébauche de telles différenciations, que les mâles poussent par contre souvent à un haut degré.

Cette diversification des parures masculines chez certains Colibris peut jusqu'à un certain point satisfaire les théories du finalisme et de la sélection sexuelle en attribuant à ces parures un rôle dans le comportement nuptial. Mais le finalisme peut-il s'appliquer aussi aux différences considérables que présentent la forme et le développement du bec parmi tous ces Oiseaux? Ici, il faut bien constater que ceux-ci se nourrissent aux sources les plus éclectiques, jusqu'à la limite de leurs possibilités physiques bien entendu, et l'on ne connaît pas d'exemple d'une adaptation quelconque d'une forme de bec donnée à un type de fleur particulier, contrairement à ce que l'on a cru longtemps. Qu'il s'agisse du bec courbé en faucille des *Eutoxeres* ou du long stylet, droit et acéré, des *Helianthea*, ou d'autres encore, la longueur et la grande mobilité de la langue suffisent à permettre à l'Oiseau de visiter les fleurs les plus variées pour y puiser le nectar et surtout les minuscules insectes qu'y attire ce nectar et qui constituent l'essentiel de son alimentation. Car les Colibris sont plus encore insectivores que nectarivores et cette nourriture animale est même presque exclusive pour certains d'entre eux: ils font preuve d'ailleurs aussi d'une adresse extrême dans la poursuite et la capture des insectes au vol, qu'ils guettent volontiers du haut d'un perchoir bien dégagé. Plus d'une fois j'ai pu me rendre compte de la maîtrise que leur assurent dans cet exercice la rapidité acrobatique de leurs réflexes et de leur vol, ainsi que la mobilité de leur langue.

Bien que l'éclectisme de leur alimentation permette à de tels Oiseaux de subsister même là où les fleurs sont rares, la plupart des espèces manifestent néanmoins une propension marquée à se déplacer continuellement à la recherche des conditions de

FIGURE 1 – Heliangelus micraster *Gould* ♂ (*Andes de l'Ecuador méridional*).

FIGURE 2 – Damophila Juliae (*Bourcier*) ♂ (*Colombie et Ecuador occidentaux*).

(*Tous les tableaux de grandeur naturelle.*)

FIGURE 3 – Helianthea Eos *Gould* ♂ (*Venezuela: Andes de Merida*).

FIGURE 4 – Heliomaster squamosus (*Temminck*) ♂ (*Brésil oriental*). (*J. Berlioz pinx.*)

FIGURE 5 – Popelairia popelairei (*Du Bus*) ♂ (*Colombie et Ecuador amazoniens*).

FIGURE 6 – Spathura peruana *Gould* ♂ (*Andes orientales de l'Ecuador et du Pérou*).

(*Grandeur naturelle.*) (*J. Berlioz pinx.*)

vie toujours les meilleures. Et il va de soi que nulle part ils ne se montreront plus nombreux que là où soit des facteurs climatiques naturels (zones des brouillards tropicaux fréquents), soit un grand développement des cultures florifères entretiennent en tout temps et en abondance leur double source d'alimentation.

Il existe des Colibris dans toute l'Amérique, depuis le Nord du Canada jusqu'en Terre-de-feu. Selon la saison, — car ces prodigieux voiliers peuvent, en dépit de leur petite taille, exécuter des déplacements considérables et même de lointaines migrations, — on peut les rencontrer sous n'importe quelle latitude, à n'importe quelle altitude: il leur faut seulement des insectes et des fleurs. Les déserts à Cactées reçoivent leurs visites au même titre que les plus plantureuses cultures tropicales. Les basses températures sont même parfaitement supportées par quelques espèces montagnardes, et le *Chalcostigma Stanleyi* niche ainsi couramment dans les cratères des volcans écuadoriens, à plus de 4500 mètres d'altitude, près des perpétuels frimas.

Sur les 430 formes environ, bien différenciées, que l'on en connaît, répartissables en près de 300 espèces. Beaucoup d'entre elles peuvent être aussi rencontrées dans les circonstances les plus variées et souvent bien inattendues. C'est ainsi que ma première observation personnelle d'un Colibri dans la nature m'a laissé un souvenir curieux.

Un soir, au bord du lac Moraine, situé à quelque 1900 mètres d'altitude dans les Montagnes-Rocheuses canadiennes, parmi un paysage glaciaire romantique, mais fort pauvre en Oiseaux, mon attention avait été précisément attirée par un petit Oiseau verdâtre, solitaire et immobile sur une branche de pin *lodgepole*. En m'approchant pour

l'identifier, je le fis soudain disparaître d'un mouvement de flèche si rapide que je reconnus sur-le-champ un «Bourdonneur» (traduction exacte du nom anglais désignant les Colibris), en l'occurrence un *Selasphorus rufus* femelle.

D'autres régions du Nouveau-Monde: Mexique, Brésil, Ecuador, m'ont fourni bien d'autres occasions d'observer la vie de ces curieux Oiseaux. Nulle part ils ne se sont montrés aussi abondants, — individuellement parlant, car les espèces n'étaient ni très variées, ni très remarquables, — que dans les cultures d'Orangers de la «Réserve» de l'Itatiaya, au Brésil: ici, la floraison odorante et perpétuelle les attirait comme des insectes et il n'y avait guère d'heures de la journée où l'on n'en pût voir bourdonnant, avec une turbulente avidité, autour de cette manne si abondamment offerte. Trois espèces y étaient particulièrement fréquentes: *Thalurania glaucopis*, *Leucochloris albicollis* et *Agyrtrina brevirostris*, les deux premières surtout singulièrement batailleuses. Aussi à combien de combats n'ai-je pas assisté, car l'on sait combien ces petits Oiseaux ne supportent pas la présence d'un compétiteur quelconque et, à la moindre approche, se précipitent à toute vitesse de vol l'un sur l'autre pour se pourchasser de leur bec acéré. Cette irascibilité et cette intolérance natives des Colibris n'étaient atténuées ici que par la profusion de la nourriture convoitée et c'était plutôt la rencontre fortuite de deux individus, au cours de leurs investigations désordonnées, qui déclenchait instantanément le duel ardent des becs jusqu'à la fuite de l'un d'eux.

Toutefois c'était surtout le matin et le soir que se multipliaient les visites des Colibris aux fleurs. Dans le milieu de la journée, malgré leur besoin fréquent de nourriture, les instants de répit pouvaient se prolonger et c'est alors qu'en leur absence, je voyais apparaître discrètement parmi les feuillages d'autres petits Oiseaux amis des fleurs, les Sucriers (*Coereba*), qui venaient en se perchant s'abreuver à leur tour à ces mêmes sources de nectar; mais ceux-ci s'effaçaient immédiatement dès qu'un Colibri surgissait aux alentours.

Il s'en faut pourtant que tous ces Oiseaux-Mouches fassent preuve, à titre égal, de ce naturel audacieux et brutal, qui caractérise, tout-à-fait indépendamment de leur taille, tant d'espèces. Quelques types, comme presque tous les *Phaethornis* par exemple, m'ont toujours paru moins agressifs, moins impétueux, — certains même passant pour se montrer éventuellement sociables, lors des tournois nuptiaux. Mais ce sont surtout les *Heliothrix*, ces charmants Colibris au plumage d'un vert vif et soyeux en dessus, d'un blanc pur en dessous, qui m'ont à plusieurs reprises rendu témoin d'une inconcevable timidité vis-à-vis des autres, d'une passivité pour mieux dire qui les faisait immédiatement prendre la fuite devant tout assaillant, même si celui-ci était de taille beaucoup plus faible qu'eux: et pourtant ils possèdent un bec en forme de poignard aigu, avec lequel ils sembleraient devoir être capables de se défendre!

Quoi qu'il en soit, le dynamisme fébrile et l'intolérance des Colibris ne laissent, on le conçoit, que peu de place, en Amérique, aux autres Oiseaux anthophiles. Mais eux-mêmes, comment, sans parler des migrations, réagissent-ils en présence d'une carence de fleurs, soit régionale, soit saisonnière? Darwin avait déjà remarqué, en visitant les îles Juan Fernandez, fort pauvres en plantes à fleurs, que les Colibris sédentaires (*Sephaniodes fernandensis*) y vivaient surtout de petits Arthropodes. Dans les déserts à Cactées, d'autres voyageurs ont constaté qu'à défaut de nectars floraux, pas toujours abondants, ces Oiseaux se nourrissent aussi de la pulpe des fruits altérés, qui, sains, ne sauraient être attaqués par eux. Moi-même, j'ai pu noter qu'au Mexique, en septembre, lorsqu'après la saison des pluies les fleurs sauvages se font plus rares, les Colibris se mettent à fréquenter d'autant plus assidûment les toiles d'Araignées tendues au travers des larges feuilles d'Agave: rien de plus curieux que de voir alors ces petits Oiseaux bourdonner tout autour des toiles dont, avec leur longue langue protractile et un peu visqueuse, ils happent un à un les menus insectes accrochés aux fils, les gouttes de rosée aussi sans doute et jusqu'aux Araignées elles-mêmes, si celles-ci sont de taille suffisamment petite.

La plupart des Colibris montrent aussi une prédilection pour les eaux vives, au contact desquelles ils aiment à humidifier leur plumage. Aussi les voit-on fréquenter avec assiduité les torrents de montagnes et les cascades naturelles, ainsi que tous les jets d'eau dans les parcs des villes (car ils s'adaptent des plus aisément à l'humanité ambiante), voire de simples condensations de brouillards, non seulement en raison des insectes qui abondent en de telles ambiances, mais aussi pour le plaisir évident qu'ils semblent éprouver à frôler de leurs ailes ces poussières d'eau, à s'y ébattre même en tous sens de leur vol rapide et zigzaguant.

Ce besoin d'humidification que manifestent les Colibris ne doit pas être négligé par quiconque tentera de maintenir ces Oiseaux en captivité.

Les formes d'onde des atmosphériques

par M. W. CHIPLONKAR

De nombreux savants se sont penchés sur le problème de la nature et l'origine des parasites qui troublent nos auditions radiophoniques, afin de trouver le moyen de les éliminer. En ce qui concerne les parasites «naturels», il semble actuellement bien établi qu'ils proviennent de décharges électriques qui se produisent dans l'atmosphère, et, à ce titre, sont étroitement apparentés à la foudre. L'auteur, spécialiste en la matière, résume ici les résultats des derniers travaux sur la question.

Les atmosphériques, ou encore, en Anglais, les *statics*, sont ces perturbations électromagnétiques irrégulières et transitoires qui troublent la bonne marche de la radiotélégraphie. Ils produisent dans un poste récepteur les cliquetis, les craquements, les grondements, etc., bien connus des auditeurs. Ils cessent dès que l'on déconnecte l'antenne. On s'est depuis longtemps rendu compte qu'ils sont beaucoup plus abondants et bien plus intenses dans les villes ou les agglomérations industrielles que dans la campagne. On a compris rapidement que la différence provenait de la proximité, dans le premier cas, d'appareils électriques. Un atmosphérique à haute fréquence connu sous le nom d'onde cosmique ou «bruit de Jansky» [9] a donné lieu à plusieurs recherches récentes qui ont prouvé qu'il provient de certains points de la Voie Lactée, ainsi que du Soleil et de ses taches. On ignore encore le mécanisme exact de sa formation. Cet article a pour objet les parasites atmosphériques naturels d'origine terrestre.

ORIGINE DES ATMOSPHÉRIQUES NATURELS

Dès les débuts de la radiocommunication, on a étudié les caractéristiques de fréquence. On a trouvé que leur spectre de fréquence est très étendu, de quelques kilocycles à 5 ou 6 mégacycles par seconde. La majorité (plus de 60%), ont cependant des fréquences comprises entre 5 kc/s et 10 kc/s. Leur énergie décroît à mesure qu'augmente la fréquence; sa valeur est généralement très grande pour les basses fréquences de radio, tandis qu'elle devient presque négligeable pour les hyperfréquences.

Le nombre des atmosphériques enregistrés en un lieu donné présente des variations quotidiennes et saisonnières, ainsi que des répartitions en direction spéciales à chaque site [13]. Watson-Watt [25], faisant usage de localisateurs de direction et de méthodes de triangulation, a démontré le premier que les perturbations proviennent de régions atmosphériques à forte convection, comme c'est le cas dans les tempêtes de sable, les régions orageuses, et les nuages orageux. Comme nous le verrons décrit ci-dessous en détail, Schonland et ses collaborateurs [19] ont finalement pu attribuer effectivement la cause de ces parasites naturels à des décharges orageuses dans l'atmosphère terrestre.

LA FOUDRE

La décharge électrique dans un nuage d'orage — de même que sa réplique à petite échelle, la décharge étincelle du laboratoire — a depuis longtemps donné lieu à de nombreuses recherches, mais on peut vraiment dire que notre connaissance précise de ce phénomène naturel a eu pour point de départ la série d'expériences commencées il y a près d'un demi-siècle par Simpson [22] et Wilson [27]. Leur but fut à l'origine l'élucidation du processus fondamental de séparation des charges dans un nuage d'orage. Au moyen d'un simple électromètre capillaire, Wilson mesura les modifications subites de champ électrique au voisinage du sol causées par des décharges orageuses proches (figure 4(*a*)). Il conclut qu'un nuage orageux est un volumineux dipôle électrique chargé positivement au sommet et négativement à la base, et que durant un éclair, cette grosse différence de potentiel s'annihile en une petite fraction de seconde. D'autres chercheurs [15, 19, 28] étendirent ces observations à des éclairs même très éloignés, au moyen de circuits électroniques et d'oscillographes cathodiques, d'action rapide et très sensibles. Ils purent ainsi suivre de plus près les variations très faibles et très rapides du champ électrique.

Plus tard encore, Schonland et ses collaborateurs [14, 15, 18, 19, 21], grâce à de brillantes recherches poursuivies en Afrique du Sud trouvèrent le mécanisme exact de la décharge orageuse. Ils étudièrent simultanément le double caractère de

la décharge, électrique et lumineux, par des observations en deux stations éloignées l'une de l'autre. Des variations du champ électrique dues à la décharge orageuse ont été observées sur les écrans d'oscillographes, et celles de l'intensité lumineuse enregistrées sur des photos prises simultanément à la chambre de Boys [3] (figure 1). Cette étude comparée de la foudre, menée parallèlement à une étude semblable de la décharge étincelle au laboratoire, a révélé l'extrême complexité du mécanisme de la décharge orageuse. On peut la décrire en bref comme se produisant en trois phases. La phase préliminaire s'achève au moment où une charge de signe donné s'est accumulée en quantité suffisante dans une portion particulière du nuage orageux. En ce qui concerne le problème fondamental de la séparation des charges dans le nuage, nous nous bornerons à dire ici que probablement le «mécanisme de la goutte brisée» (Simpson) et le «mécanisme d'influence» (Wilson) interviennent simultanément; leur effet ultime est l'accumulation de charges positives dans les parties supérieures du nuage se trouvant au-dessus de l'isotherme de — 10° C, tandis que les charges négatives s'étendent dans les portions inférieures. Il arrive cependant qu'une autre charge positive se

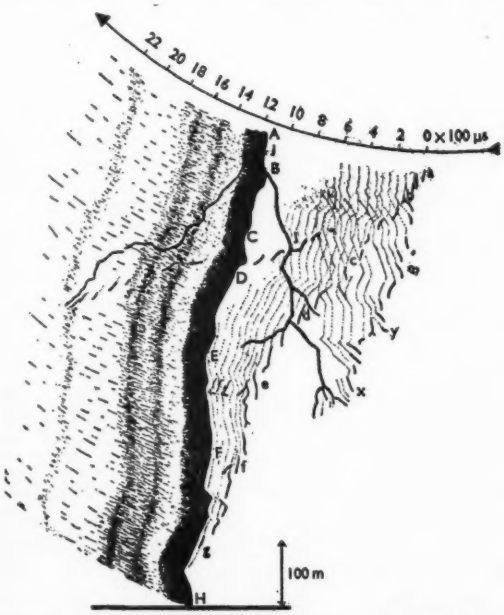


FIGURE 1 – *Dessin fait d'après l'agrandissement d'une photographie caractéristique, obtenue avec la chambre de Boys, d'une décharge entre nuage et sol. L'amorce suit le parcours* abcdefg *correspondant au parcours* ABCDEFH *du choc en retour immédiat. La lentille se meut de droite à gauche sur un arc circulaire (Schonland, Malan, et Collens).*

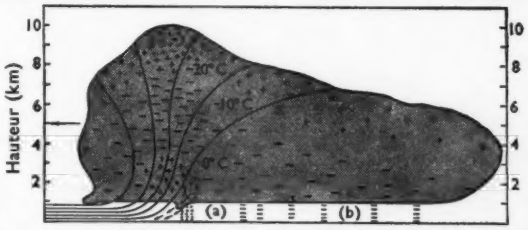


FIGURE 2 – *Figure générale montrant les courants d'air et la répartition de l'électricité au cours d'un orage de chaleur caractéristique;* (a) *pluie positive,* (b) *pluie négative (Simpson et Scrase).*

trouve concentrée sur une petite portion de la face inférieure par où un puissant courant de convection pénètre dans le nuage [23] (figure 2). L'isolement se trouve détruit localement par l'intensité du champ au voisinage de ces régions chargées; c'est le point de départ de ce que l'on appelle la décharge en aigrette. Une partie de la charge s'écoule, bien entendu, tout de suite dans la direction favorable et ionise cette nouvelle région. Le champ augmente à l'extrémité de ce parcours, le même processus se reproduit et la charge progresse effectivement. Ce mécanisme rapide se répète de proche en proche jusqu'à former un long chemin en zig-zag sur lequel se répartissent des charges en reliant deux régions de signes contraires d'un même nuage ou de nuages voisins, ou une partie de nuage et le sol qui se trouve au-dessous. Ce courant de charge s'appelle l'amorce en cascade (*stepped leader*); on considère généralement qu'il naît dans la région à haute densité négative, pour se diriger ensuite vers la région de charge positive, produite soit par induction, soit autrement (figure 5). Il est bien entendu fréquent qu'au cours de ce processus, il se forme plusieurs canaux et à une certaine distance de l'électrode négative, l'amorce se ramifie. Vers l'extrémité de ce chemin en zig-zag, si le champ de la région de charge opposée est suffisamment intense, un autre éclair en jaillit en sens inverse et rencontre le premier à mi-chemin. Ceci conclut la deuxième phase. Une fois établi entre deux points le sentier conducteur, une forte quantité de charge positive s'écoule instantanément en sens inverse et complète l'éclair de retour qui est donc violent et aveuglant. Ainsi se termine la troisième phase. Pourtant, il arrive souvent que lui succède, dans le même canal, une série de mouvements en va et vient ou de même sens avec transport de charges relativement faibles. Il arrive que seule l'amorce se produise et que l'éclair en retour ne vienne pas. Le processus complet de décharge se passe en moyenne en un centième de seconde environ:

chaque éclair annihile donc une assez grosse proportion de la charge dans un temps très court. Puis les charges se reconstituent.

L'ÉCLAIR, SOURCE DE PARASITES ATMOSPHÉRIQUES

Simpson fit remarquer qu'au point de vue radiations électromagnétiques, le canal de l'éclair peut être assimilé à une antenne géante de capacité, inductance et résistance réparties. Chaque éclair donne donc naissance à une impulsion ou onde électromagnétique caractéristique. Il faut aussi noter que toutes ces propriétés réparties sur le canal de décharge ne sont pas fixes mais varient d'un moment à l'autre; l'émission d'une impulsion simple ou d'une onde sinusoïdale est donc assez rare.

Les phénomènes électriques qui accompagnent l'éclair peuvent s'interpréter simplement comme suit:

Le champ électrique vertical à une distance r du canal de décharge vertical de longueur h et de charge en dissipation Q est donné par l'équation:

$$E = \frac{M}{r^3} + \frac{1}{cr^2}\frac{dM}{dt} + \frac{1}{c^2 r}\frac{d^2M}{dt^2},$$

où $M = 2Qh$ est le moment du nuage et c représente la vitesse de la lumière. Les valeurs du moment du nuage M sont les valeurs retardées au temps $(t - r/c)$; E est le champ vertical résultant, au lieu de l'observation. C'est la somme du champ électrostatique dû à la charge stationnaire (soit Q), du champ d'induction dû à la variation de charge sur le trajet de l'éclair (proportionnel à dQ/dt) et du champ dû à un terme de rayonnement (proportionnel à d^2Q/dt^2). Une comparaison des 3 termes du second membre de l'équation montre que les effets électrostatiques ne sont prépondérants que pour de très petites valeurs de r, ne dépassant pas, (mettons) 8 à 10 km. Le deuxième terme, qui rend compte de l'effet d'induction devient lui-même insignifiant au-delà, disons, de 15 à 20 km. Au-delà d'une certaine distance, 100–200 km environ, il n'y a plus à tenir compte que des effets de rayonnement.

FORMES D'ONDE DES ATMOSPHÉRIQUES

L'examen des formes d'onde des atmosphériques diurnes a mit en évidence la variation régulière de la longueur d'onde avec la distance entre le canal de décharge et le récepteur [26]. On trouve dans de nombreux cas une composante à haute fréquence suivie d'une composante à basse fréquence (figure 7), et on a suggéré [10] que la variation dans la forme d'onde est une conséquence de la réflexion multiple d'une impulsion simple de très courte durée, entre l'ionosphère et le sol. Une classification détaillée a été faite récemment par Caton et Pierce, à Cambridge [5].

On put classer en deux groupes principaux la plupart de ces formes d'ondes: (1), celles provenant de décharges entre nuages, et (2), celles provenant de décharges entre un nuage et le sol. On trouva dans les formes d'ondes du premier groupe un fort pourcentage de hautes fréquences, superposées à un nombre réduit de réflexions sur le sol et l'ionosphère. Celles du second groupe se composaient des trois éléments distincts suivants: (*a*) oscillations à haute fréquence sans caractère particulier; (*b*) impulsion principale; et (*c*) un certain nombre d'impulsions nettement séparées de forme presque identique à la principale mais d'amplitude décroissante.

MÉCANISME DE PROPAGATION

Le triple caractère [10] de la forme d'onde d'un parasite provient de trois causes distinctes (figures 10(*a*) et (*b*)). Les précurseurs désordonnés à très

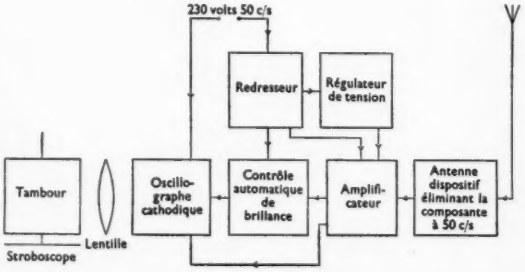


FIGURE 3 – *Représentation schématique de l'appareillage construit à Poona (Indes), pour l'enregistrement des formes d'onde des atmosphériques (Chiplonkar et Hattiangadi).*

haute fréquence nettement visibles sur de nombreux enregistrements correspondent aux impulsions successives à haute fréquence émises au cours de progressions en flèches, de la décharge amorce en cascade, tandis que l'impulsion principale qui les suit est causée par le premier choc en retour puissant de la décharge orageuse. Ces deux éléments de l'enregistrement traduisent l'arrivée des ondes électromagnétiques qui empruntent la voie directe entre la source et le récepteur. Les mouvements ultérieurs ou oscillations de charges dans le canal de décharge produisent aussi, comme on peut l'observer souvent, des impulsions secondaires

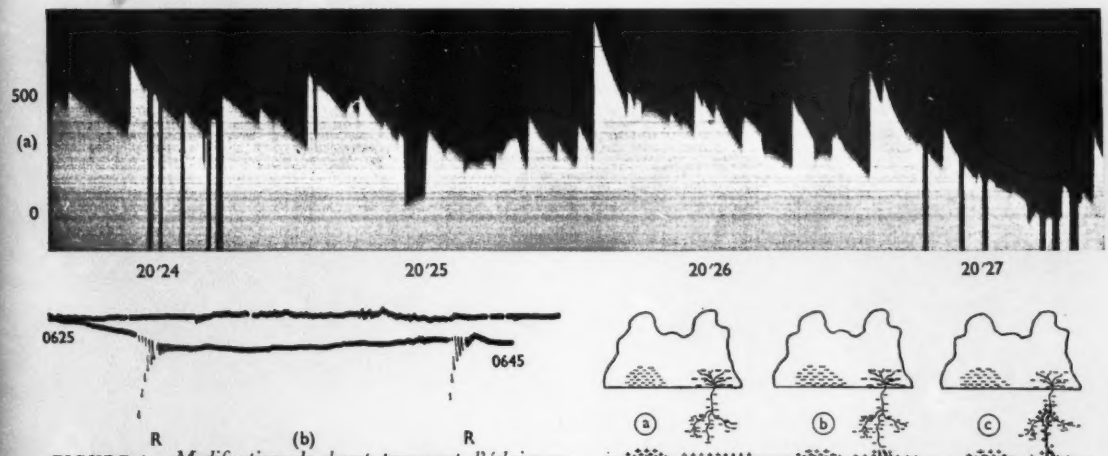


FIGURE 4 – *Modifications de champ provenant d'éclairs enregistrés au moyen d'un électromètre capillaire relié à une sphère métallique surélevée. En ordonnée, le champ en volts/mètre; en abcisse, le temps. Les lignes verticales sombres indiquent le début du coup de tonnerre d'après lequel on calcule les distances des canaux de décharge correspondants:* (a) *Enregistrement effectué le* 17 *Juin* 1917, *au passage d'un orage distant de* 15 *à* 20 *km* (*Wilson*). (b) *Enregistrement du* 23 *Septembre* 1937 *au moyen d'un électromètre non amorti de Dolezalek* (*Chiplonkar*).

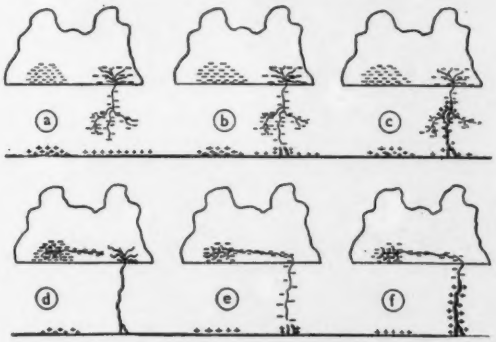


FIGURE 5 – *Représentation schématique des différentes phases d'un éclair. Remarquer sur* (a) *la plus grande partie de la charge négative qui se dirige vers le bas; sur* (b) *et* (c) *le début des avancées positives à partir de l'autre bout; sur* (d) *le simple sentier conducteur; et le canal unique sans ramification emprunté par le «choc en retour» en* (e) *et* (f) (*Schonland*).

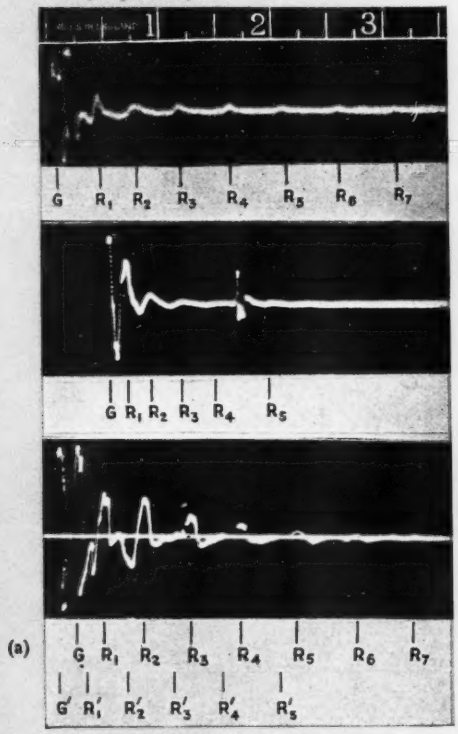


FIGURE 6 – *Oscillogrammes atmosphériques provenant des décharges à une distance de* 250 *à* 510 *km.* G *est l'onde venue du sol,* R_1, R_2, . . . , R_7 *sont les ondes réfléchies.* 2 *séries de réflexions* (G . . . R_7 *et* G' . . . R_5' *apparaissent en* (a). *Sur l'échelle des temps en haut de la figure,* 1 = 0,001 *seconde* (*Laby et son groupe*).

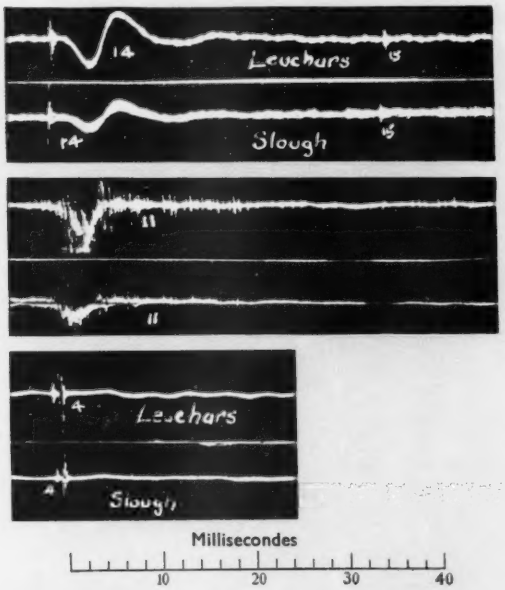


FIGURE 7 – *Formes d'onde typiques enregistrées simultanément à Slough et à Leuchars, indiquant la ressemblance des formes aux deux stations. Noter en particulier l'amplitude de l'échelle des temps et les composantes à haute fréquence non résolues* (*Watson-Watt, Herd, et Lutkin*).

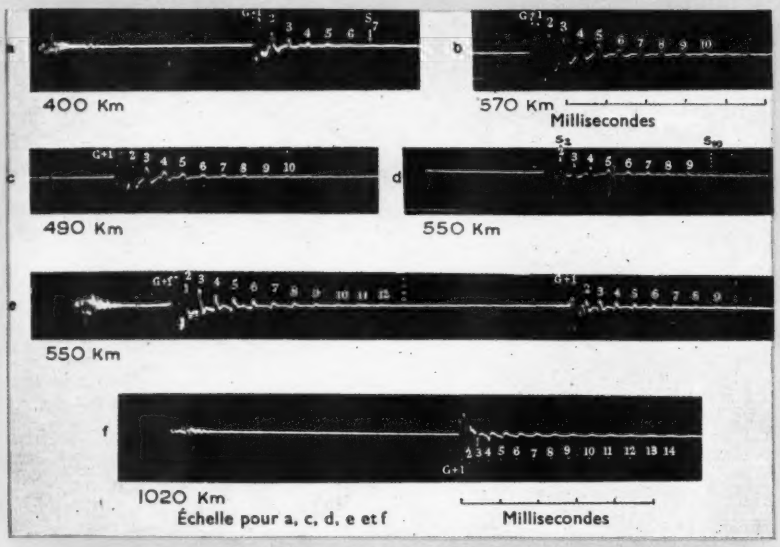


FIGURE 8 – *Formes d'onde typiques d'atmosphériques nocturnes. Remarquer aussi l'enregistrement parfait des précurseurs (Schonland et son groupe).*

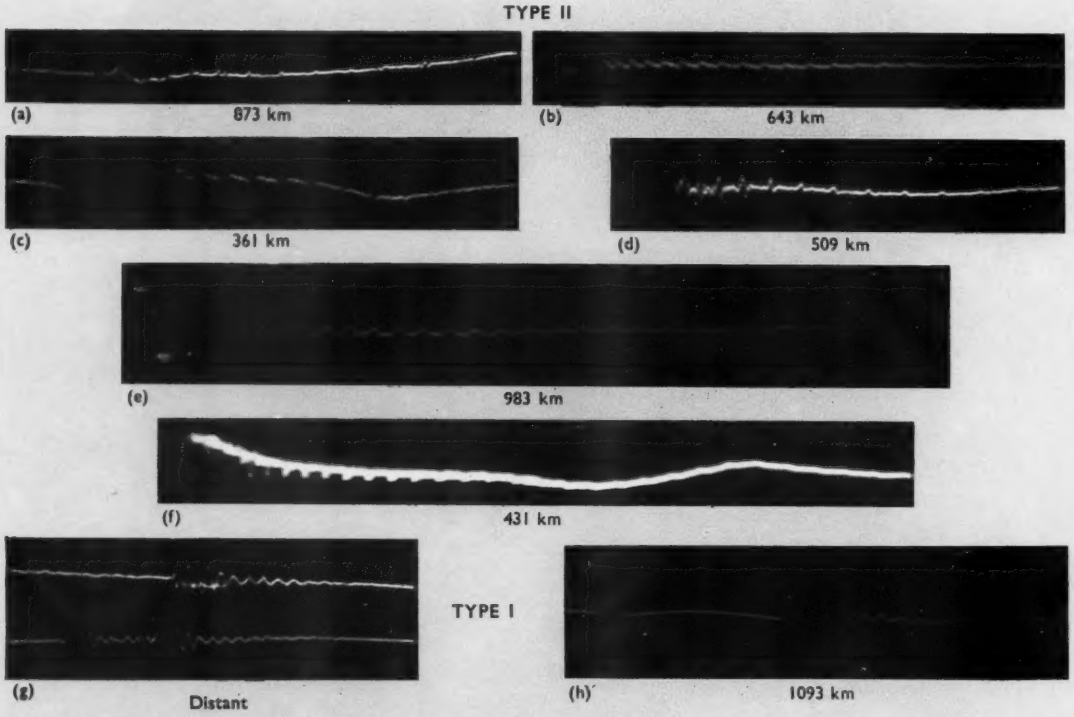


FIGURE 9 – *Formes d'onde typiques de parasites nocturnes observés à Poona (Indes) groupées de façon à montrer la différence entre le type «irrégulier» et le type dit «uniforme». Remarquer sur le type II les nombreuses impulsions d'origine céleste (Chiplonkar et Hattiangadi).*

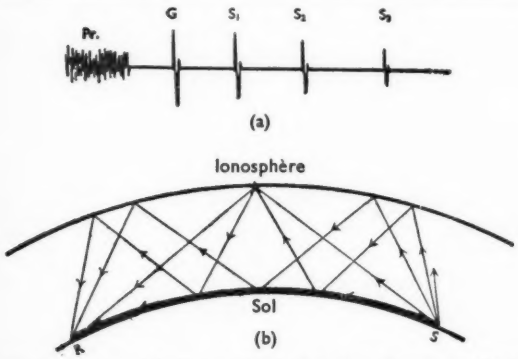


FIGURE 10 – (a) *Forme d'onde théorique d'un atmosphérique.* (b) *Propagation d'une impulsion électromagnétique dans la théorie du «rayon».*

suivant de près la principale. Chacune des impulsions identiques de la série d'impulsions plus ou moins identiques mais discrètes enregistrées après la principale, indique l'arrivée d'une partie différente du front d'onde de l'impulsion principale après un certain nombre de réflexions, tantôt au sol et tantôt sur l'ionosphère.

Accessoirement, cette interprétation donne une nouvelle méthode de calcul de certaines propriétés de l'ionosphère, telles que sa hauteur au-dessus du sol (78 à 90 km) et son coefficient de réflexion pour ces ondes longues. Pour le coefficient de réflexion, on obtint de 0,60 à 0,95. Parmi les types d'oscillations complets, ainsi enregistrés, certaines formes élémentaires des impulsions principales furent sélectionnées et classées en différents groupes d'après leur allure ou leur durée. Dans l'équipe de Schonland, on trouva des durées étagées de 50 à 400 micro-secondes, et on répartit les formes en trois groupes; aux Indes, on trouva des durées de 150 à 600 micro-secondes et on répartit les formes en quatre groupes. On suppose évidemment que les formes plus compliquées et les durées plus longues sont produites par une superposition de types plus simples, intervenue soit au cours de l'émission, soit au cours de la propagation par le mécanisme ci-dessus.

Aux Indes, on a décelé des précurseurs dans 10% des cas; Lutkin en a trouvé dans 15% des enregistrements effectués à Slough (Angleterre) et 17% de ceux de Leuchars (Ecosse). Si l'on étudie de près ces précurseurs en relation avec l'impulsion principale correspondante, on ne découvre aucun rapport entre la progression en fléchette qui prépare en quelque sorte le sentier conducteur pour le choc en retour, et le choc en retour lui-même.

LA THÉORIE DU MODE DE GUIDE D'ONDE

La théorie simple de Laby résumée ci-dessus rend compte de façon satisfaisante de la plupart des faits expérimentaux concernant les formes d'onde des atmosphériques. Il existe une autre façon d'interpréter ce phénomène: on considère le sol et l'ionosphère comme les deux conducteurs parallèles d'un guide d'onde qui transporte le rayonnement d'énergie électromagnétique à travers l'espace intermédiaire selon ses modes caractéristiques de propagation [4, 7, 8, 17, 24]. Il est intéressant de voir que le calcul exact du signal enregistré, au moyen de cette méthode donne à peu près les mêmes résultats que ceux obtenus par la bien plus simple méthode «des rayons». Cependant, seul la méthode des modes de guide d'onde explique le passage d'une succession d'impulsions brusques et irrégulières, à des oscillations d'une régularité caractéristique, à mesure que s'éloigne la source des parasites (figure 11).

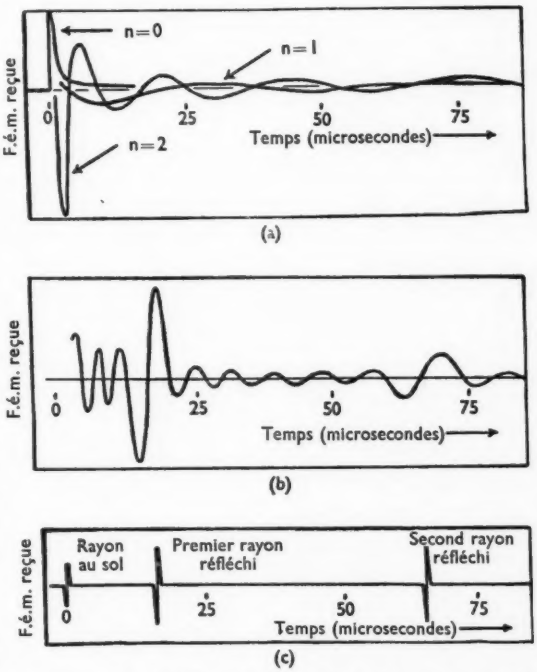


FIGURE 11 – (a) *Enregistrement de la f.é.m. sur les trois premiers modes, à 1000 km de l'éclair. Les parois du guide d'onde sont considérées comme parfaitement conductrices et distantes de 50 km l'une de l'autre.* (b) *Somme des f.é.m. enregistrées sur les 7 premiers modes (de* n = 0 *à* n = 6 *inclusivement).* (c) *Enregistrement des impulsions dans la théorie du «rayon» (Budden).*

(Les figures 1, 2, 4, 5, 7 et 8 sont dues à l'amabilité de la Royal Society; la figure 6 à l'amabilité de l'éditeur de Nature; la figure 11 à l'amabilité de l'éditeur du Philosophical Magazine.)

CONCLUSION

Pour évaluer l'éloignement d'un orage, on a fait usage d'un récepteur de radio réglé sur 150 kc/s, et relié à un appareil enregistreur à diagramme. La présence d'un orage éloigné de quelques centaines de kilomètres est indiquée sur le diagramme, et l'amplitude des maxima augmente à mesure que l'orage s'approche.

La méthode de localisation due à Marconi et appliquée avec succès par Watson-Watt le premier, s'est développée jusqu'à être maintenant en service régulier. L'organisation *Sferic* en Angleterre, lancée en 1946, et d'autres organismes similaires en France, en Suisse, aux E.U. et dans d'autres pays ont pour principe l'observation simultanée de la direction d'approche des parasites, d'au moins trois stations différentes, et la coordination des résultats à l'une de ces stations, afin de localiser les régions d'activité orageuse. Dans le système britannique, il est généralement possible, nous dit-on, de localiser ces sources avec une précision de 10% jusqu'à 1000 km, et avec moins d'exactitude au-delà. L'interprétation des formes d'onde des atmosphériques par la théorie simple du «rayon» a permis, elle aussi, de connaître avec précision l'éloignement de la source des parasites; on a pu de cette manière observer des sources éloignées de quelques milliers de kilomètres [5, 10, 11, 20, 21].

BIBLIOGRAPHIE

[1] APPLETON, E. V., WATSON-WATT, R. A., et HERD, J. F. *Proc. roy. Soc.* A, **111**, 615, 654, 1926.

[2] APPLETON, E. V. et CHAPMAN, F. W. *Ibid.*, **158**, 1, 1937.

[3] BOYS, C. V. *Nature, Lond.*, **118**, 749, 1926; **122**, 310, 1928; **124**, 54, 1929.

[4] BUDDEN, K. G. *Phil. Mag.*, **42**, 1, 1951.

[5] CATON, P. G. F., et PIERCE, E. T. *Ibid.*, **43**, 393, 1952.

[6] CHIPLONKAR, M. W. et HATTIANGADI, M. S. *Proc. Indian Acad. Sci.* A, **21**, 265, 1945; **30**, 223, 1949.

[7] ECKERSLEY, T. L. *Proc. roy. Soc.* A, **136**, 499, 1932.

[8] HALES, A. L. *Ibid.*, **193**, 60, 1948.

[9] JANSKY, K. G. *Proc. Inst. Radio Engrs*, N.Y., **32**, 1158, 1935.

[10] LABY, T. H., NICHOLLS, F. G., NICKSON, A. F., et WEBSTER, H. C. *Nature, Lond.*, **139**, 837, 1937.

[11] LABY, T. H., MCNEILL, J. J., NICHOLLS, F. G. et NICKSON, A. F. B. *Proc. roy. Soc.* A, **174**, 145, 1940.

[12] LUTKIN, F. E. *Ibid.*, **171**, 283, 1939.

[13] MARCONI, G. *Ibid.*, **77**, 413, 1906.

[14] MCEACHRON, K. B. *J. Franklin Inst.*, **227**, 149, 1939.

[15] NORINDER, H. *Ibid.*, **205**, 760, 1928.

[16] *Idem. Ibid.*, **221**, 585, 1936.

[17] RYDBECK, O. *Chalmers tek. Högsk. Handl.*, N° 4, 1944.

[18] SCHONLAND, B. F. J. *Proc. roy. Soc.* A, **118**, 252, 1928.
SCHONLAND, B. F. J. et CRAIB, J. *Ibid.*, **114**, 229, 1927.

[19] SCHONLAND, B. F. J. et collaborateurs. Publications sur «Progressive Lightning», dans *Proc. roy. Soc.* A, 1934–8.

[20] SCHONLAND, B. F. J., ELDER, J. S., HODGES, D. B., PHILLIPS, W. E. et VAN WYK, J. W. *Ibid.*, **176**, 180, 1940.

[21] SCHONLAND, B. F. J. «Thunderstorms and their Electrical Effects», Charles Chree Lecture, Physical Society, Juillet 1943.

[22] SIMPSON, G. C. *Phil. Trans.* A, **209**, 379, 1909.
Idem. «British Antarctic Expedition 1910–13, Meteorology». Calcutta. 1919.
Idem. Proc. roy. Soc. A, **111**, 56, 1926; **114**, 376, 1927.

[23] SIMPSON, SIR GEORGE, et SCRASE, F. J. *Ibid.*, **161**, 309, 1937.

[24] WATSON, G. N. *Ibid.*, **95**, 546, 1919.

[25] WATSON-WATT, R. A. et APPLETON, E. V. *Ibid.*, **103**, 84, 1923.
WATSON-WATT, R. A. *Wireless World*, **12**, 601, 1923.

[26] WATSON-WATT, R. A., HERD, J. F., et LUTKIN, F. E. *Proc. roy. Soc.* A, **162**, 267, 1937.

[27] WILSON, C. T. R. *Ibid.*, **92**, 555, 1916.
Idem. Phil. Trans. A, **221**, 73, 1921.
Idem. Proc. phys. Soc., Lond., **37**, 32D, 1925.
Idem. J. Franklin Inst., **208**, 1, 1929.

[28] WORMELL, T. W. *Phil. Trans.* A, **238**, 249, 1939.

Les premières découvertes du microscope

par CHARLES SINGER

Bref historique des débuts du microscope composé, lequel ne semble pas avoir suscité beaucoup d'intérêt dans le monde savant en dehors d'une société scientifique italienne dont Galilée faisait partie. Ce sont des membres de cette société qui ont fait éditer les premiers ouvrages contenant des représentations d'insectes ou de plantes vus sous le microscope. L'auteur donne ici un aperçu de ces ouvrages.

Les débuts du microscope sont encore mal connus. On sait seulement avec certitude que ce fut Galilée, alors professeur à Padoue, qui le signala au monde scientifique en 1609. Ce premier microscope n'était d'ailleurs qu'un télescope renversé, instrument qu'il venait d'inventer. Citons à ce propos l'introduction de son *Sidereus Nuntius* (1610):

«Il y a deux mois m'est parvenue la rumeur qu'un Hollandais avait fait un instrument d'optique, lequel permettait de voir les objets lointains tout comme s'ils étaient près. Une lettre de Paris confirma la nouvelle. Je me suis donc appliqué à chercher la théorie et découvrir la méthode d'invention d'un tel instrument. La théorie de la réfraction m'apporta la solution. Je préparai un tube de plomb, aux extrémités duquel j'adaptai deux lentilles de verre, planes d'un côté mais l'une sphériquement convexe, et l'autre concave, de l'autre côté.»

L'année suivante, un Ecossais nommé John Wodderborn fit paraître à Padoue la défense de certaines opinions astronomiques exprimées dans cette œuvre, nous laissant regarder pour la première fois dans un microscope: «Il y a quelques jours, dit-il, j'ai entendu Galilée raconter à ce noble philosophe Signor Cremonino comment il avait parfaitement distingué avec son télescope (*perspicillum*), les organes du mouvement et des sens chez les animaux les plus petits, et en particulier chez un certain insecte dont chaque œil est couvert d'une épaisse membrane, laquelle est cependant percée de trous comme la visière d'un casque pour permettre le passage des images des choses visibles» Galilée faisait allusion aux yeux composés des insectes dont le fonctionnement a toujours été un des rébus de la science.

Le livre de Wodderborn est dédié au diplomate Sir Henry Wotton (1568–1639), alors à Venise. Wotton était ami de Francis Bacon, de Milton, d'Isaak Walton et d'autres savants et écrivains. Ce fut sans doute lui qui fit connaître le microscope en Angleterre. La dédicace de Wodderborn est parfaitement compréhensible car Wotton s'intéressait à l'optique et à la vision depuis longtemps. Cesare Cremonino (1550–1631), le correspondant de Galilée au sujet du microscope, était professeur comme celui-ci à Padoue et aristotélicien obstiné.

Pendant les vingt années qui suivirent son invention, le microscope composé n'éveilla qu'un intérêt étonnamment faible parmi les savants que le télescope et ses révélations passionnaient bien davantage. C'est pourquoi nous ne savons presque rien de l'emploi du microscope à cette époque. Un des rares aperçus nous en est donné par un Français racontant, après une visite à Galilée en 1614, que ce dernier employait toujours son ancien télescope renversé comme microscope, malgré le perfectionnement suggéré par Kepler en 1610. Les profanes s'émerveillaient toutefois de temps à autre à la vue des agrandissements de puces, mouches, poux de gale et mites du fromage qui leur étaient montrés, si bien que les premiers microscopes, simples ou composés, étaient appelés lunettes à puce ou à mouche. Citons seulement la lettre d'un certain Nicholas Fabri de Peiresc (1580–1637), ancien étudiant de Padoue lui aussi, et dont la correspondance copieuse est une de celles qui, avant la publication des revues scientifiques, servaient de moyen d'échange entre les savants de divers pays. La lettre est datée de 1622 à Paris et adressée au secrétaire de Francesco Barberini (Cardinal à partir de 1623 et Bibliothécaire de la Vaticane en 1627): «Il existe un *periscope* ou *occhiale*, invention différente de celle de Galilée [microscope Keplérien probablement], qui montre une puce de la taille d'un grillon et presque de la même forme. Deux des pattes sont plus petites que les autres. La tête et le reste du corps sont presque entièrement protégés par une carapace ou des écailles, comme celles des sauterelles ou des

petites crevettes. Les animalcules engendrés dans le fromage que nous appelons *mitti* (mites) et qui ne sont pas plus gros que des grains de poussière, deviennent aussi grands que des mouches sans ailes quand on les regarde avec cet instrument. On distingue nettement leurs très longues pattes, leur tête allongée et toute autre partie du corps.» En 1623, l'oncle de Francesco Barberini, Maffeo Barberini, devint le Pape Urbain VIII, sous lequel Galilée fut condamné en 1633. Voici ce qu'écrivit ce dernier, en 1624, à Federigo Cesi, le véritable promoteur du microscope:

«Ci-joint un *occhialino* pour examiner de près les menus objets. J'espère que vous en tirerez autant de profit et de plaisir que moi. Son envoi a été retardé par la difficulté que j'ai eu à le mettre au point. Il faut attacher l'objet à la plaque mobile à la base et l'amener ensuite en entier dans le champ de vision, car une petite partie seulement est visible à la fois dans l'*occhialino*. Pour obtenir la distance voulue entre l'objet et la lentille, il suffit d'avancer ou de reculer le verre, le petit tube étant mobile à sa base et ajustable à volonté. Avec un émerveillement infini, j'ai observé des créatures minuscules en grand nombre, dont les plus repoussantes sont les puces et les plus belles les fourmis et les papillons. Avec délices, j'ai découvert comment les mouches et autres bestioles arrivent à marcher sur les glaces et même la tête en bas. Vous avez maintenant le moyen d'observer des milliers et des milliers de détails et je vous prie de me communiquer les plus remarquables.»

Cesi (1585–1630) était un noble fortuné qui s'intéressait à la science depuis son jeune âge. A moins de vingt ans, il avait déjà réuni autour de lui un petit groupe de savants dont Galilée et Stelluti. Cette compagnie forma le noyau de la première *Accademia dei Lincei*, «Les Compagnons du Lynx» comme ils s'appelaient. Au moment où Cesi reçut le microscope de Galilée, ils s'étaient multipliés et comptaient parmi leurs rangs beaucoup des hommes de science les plus importants de l'époque. L'un d'eux inventa en 1624 le nom de microscope qu'ils employaient couramment dans leur correspondance. Quand, par la suite, l'Académie devint suspecte à l'Inquisition, par acte de prudence ils invitèrent le Cardinal Francesco Barberini à devenir leur président. Il refusa, mais les Compagnons du Lynx continuèrent à rechercher son patronage, influençant ainsi l'histoire de la microscopie comme nous allons le voir bientôt. Cesi entreprit des recherches microscopiques dont il projetait d'inclure les résultats dans un grand *Theatrum Naturae*. Il mourut avant d'avoir pu terminer son œuvre, mais certaines parties parurent à titre posthume.

Une lettre écrite en 1628 par Johann Faber de Bamberg (1574–1629), un des premiers membres de l'Académie, nous renseigne sur les travaux microscopiques de Cesi à propos des végétaux. Celui-ci, dit-il, «a loué les services d'un artiste pour dessiner les esquisses de nombreuses plantes, jusqu'ici regardées comme aspermes par les botanistes, mais que le microscope a clairement révélées abondamment pourvues de graines. Telle est la merveilleuse poussière extrêmement ténue qui adhère à l'envers des feuilles de la fougère polypode et paraît aussi grosse que des grains de poivre. Quand ses livres et ses études de plantes verront le jour, nous posséderons d'innombrables autres observations remarquables.» Les grains en question étaient les sporanges de la fougère à leur sortie de l'indusie. C'est là sans doute la première découverte au microscope d'objets invisibles à l'œil nu et la première étude microscopique de plantes qui ait été conservée. Faber continue: «Avec ce microscope, Stelluti a excellemment décrit l'anatomie externe de l'abeille. Je préférerais cependant que vous découvrissiez tout cela de vos propres yeux plutôt que par ma plume malhabile.»

Un des membres les plus actifs de la jeune société du Lynx était Francesco Stelluti (1577–1646). L'*Apiarium* qu'il fit paraître avec Cesi en 1625 contient les plus anciennes figures connues d'objets examinés au microscope. Le seul exemplaire parfait de cette œuvre se trouve à Rome, à la bibliothèque nommée d'après son fondateur, Giovanni Maria Lancisi (1654–1720), médecin du pape, qui sauva de l'oubli maint monument important de la science et de l'érudition de cette époque. Il existe un seul autre exemplaire de la planche, mais elle est imparfaite. C'est la propriété de l'Association des Apiculteurs Ecossais à Edimbourg qui nous a fourni la photographie d'abeilles reproduite ici séparément. Le seul exemplaire du texte qui nous soit connu hors celui de la Bibliothèque Lancisienne appartient à une librairie florentine, la maison Lier qui nous l'a aimablement prêté pour l'examiner.

Le texte doit être un record pour l'époque, vu la taille de l'introduction imprimée. Il mesure 98,75 cm par 62,5 cm sans compter la marge et les caractères sont très fins. Cesi le dédia à Urbain VIII. Les armes de la famille Barberini, écusson portant trois abeilles, suggérèrent sans doute cette première étude microscopique qui contient un fouillis de connaissances mal utilisées, mais oppose

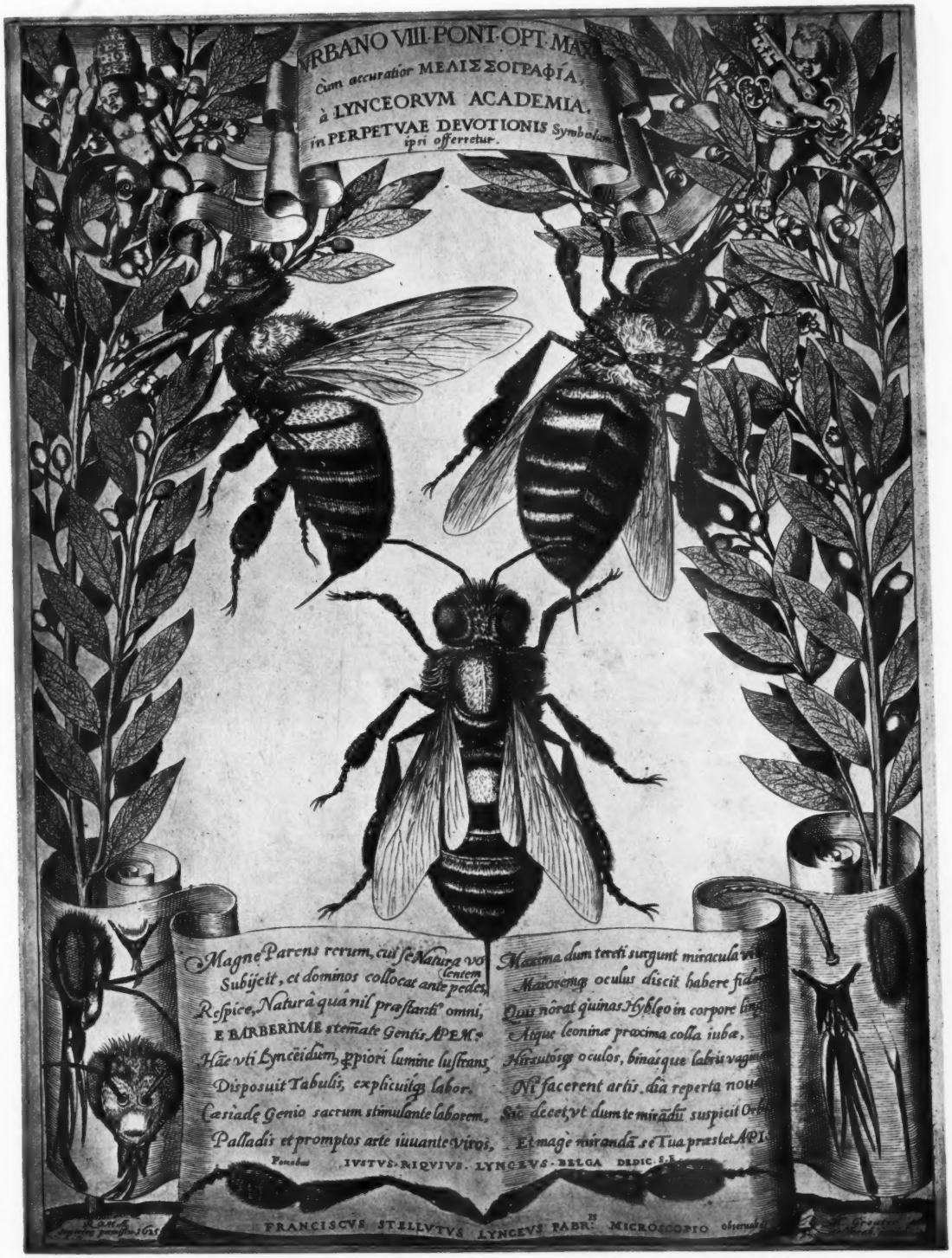


FIGURE 1 – *Planche tirée de l'exemplaire qui probablement est le seul parfait de l'*Apiarium *de Federigo Cesi, Rome* 1625, *qui se trouve maintenant à la Bibliothèque Lancisi à Rome. Elle est réduite aux* 3/5 *du diamètre primitif.*

FIGURE 2 – *Armes de la famille Barberini. Les trois abeilles sont à l'origine de la planche de l'*Apiarium*; l'illustration est empruntée à une traduction italienne des Satires du poète latin Perse, parue à Rome en* 1630 *et dédiée au Cardinal Francesco Barberini. Remarquez la croix et le chapeau de cardinal au-dessus de l'écusson et entre les cordelières qui le supportent. Dans les notes de l'ouvrage le traducteur Stelluti a inclus sous forme réduite la figure des abeilles de l'*Apiarium. *Les diverses parties de l'insecte y sont décrites en quelque détail, formant ainsi le premier exposé de l'anatomie des insectes.*

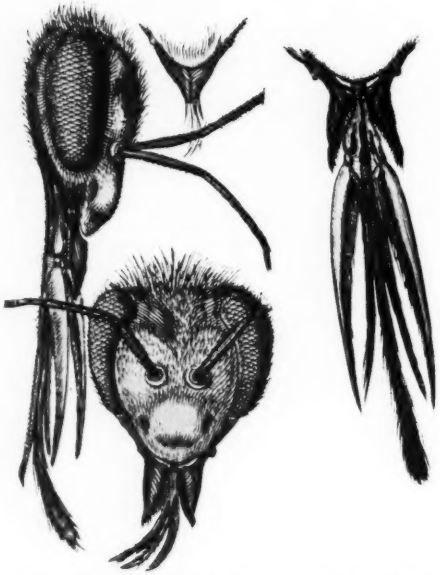


FIGURE 3 – *Parties de la tête et de la bouche de l'abeille, d'après l'*Apiarium *de Cesi, Rome* 1625. (*Taille originale*).

FIGURE 4 – *Une des abeilles de l'*Apiarium *de la taille présentée dans cette œuvre.*

bien les usages du télescope et du microscope. Toutes les guêpes et abeilles connues des Compagnons du Lynx y sont décrites et même certaines espèces d'Amérique, constituant ainsi le premier essai d'exposé général d'un groupe d'insectes.

La planche qui accompagne le texte est aussi de très grandes dimensions, mesurant plus de 36 cm par 26. La date «Roma 1625» est nettement visible au coin gauche inférieur. En bas, on lit que le dessin et la gravure sont l'œuvre de Mathias Greuter (1564–1638), artiste strasbourgeois bien connu qui travailla de nombreuses années à Rome. Il utilisa sans doute ici une première esquisse de Stelluti, dont l'exactitude fut confirmée par le membre flamand de l'Académie, Justus van Rycke (Riquius, 1587–1627). La planche montre trois abeilles, grossies vingt fois environ, voletant entre deux branches de laurier en fleur. Au-dessus à gauche, un chérubin élève la couronne

papale, tandis que son compagnon à droite porte la clé de Saint Pierre. Au-dessous sont représentés la tête, les diverses parties de la bouche, l'œil composé, le dard et les pattes postérieures de l'abeille avec un grossissement un peu plus fort. La banderole au-dessus porte l'inscription suivante:

«A Sa Sainteté le Pape Urbain VIII, à l'occasion de la présentation par l'Académie du Lynx d'une description exacte de l'abeille, en signe d'impérissable dévouement.» Sur la banderole au-dessous sont imprimés des vers latins.

Nous retrouvons les abeilles des Barberini en 1630, à l'occasion de la publication à Rome par Stelluti chez l'imprimeur Mascardi, membre de l'Académie du Lynx, d'une traduction des «Satires» de Perse, dédiée à Francesco Barberini. Le beau frontispice, de Greuter également, porte les armes de la famille surmontées d'un chapeau de cardinal. Au cours de l'ouvrage une allusion de Perse aux abeilles est illustrée de figures de l'*Apiarium* en petit. Voici le commentaire qui les accompagne: «Le Prince Cesi a discouru de ces abeilles avec une érudition, une habileté et une originalité remarquables, condensant des volumes en une seule page. Moi aussi (Stelluti) j'ai examiné au microscope les abeilles et les diverses parties de leur corps dont j'ai ici essayé de rendre la forme, car elles méritent l'attention de tous. J'ai également représenté séparément tous les organes que j'ai découverts au microscope avec une joie égale à mon émerveillement puisque ni Aristote ni aucun autre philosophe et naturaliste ne les a jamais connus. Pour plus de clarté, toutefois, j'énumère tous les organes vérifiés par Signor Fabio Colonna qui, à ma demande, a fait les mêmes recherches sur ce merveilleux petit animal. L'abeille que Signor Colonna examina et interpréta fut ensuite dessinée par Signor Francesco Fontana. De mon côté, je fis graver ici à Rome en l'honneur de notre noble seigneur, Urbain VIII, trois grandes abeilles avec tous les détails révélés par les verres du microscope et je les fis représenter sous trois aspects, de face, de dos et de côté, comme on voit sur la page voisine». Le nom du Napolitain Fontana (1580–1656) amène une complication car les dessins d'abeilles étaient déjà revendiqués par Stelluti et Greuter. Par la suite, Fontana fit, en effet, quelques observations microscopiques et prétendit, sans pouvoir le prouver, qu'il avait inventé l'instrument avant Galilée.

Citons enfin quelques détails notés par Stelluti sur les abeilles dans son étude de 1530: «Les yeux sont gros, ovales et couverts d'une membrane quadrillée comme ceux d'autres insectes . . . Au lieu de poils, la tête a des plumes comme celles des oiseaux [allusion aux poils branchus] . . . Immédiatement sous la bouche se trouve une langue ronde, articulée et creuse au-dessous. L'abeille la fait sortir pour sucer le miel. Elle est munie de quatre languettes accessoires [les diverses parties de la bouche] . . . Quand elle n'est pas utilisée, elle rentre sous le bec, repliée, les languettes dans la direction du cou . . . Le dard est fixé à l'intestin par sa base élargie.»

Tels furent les débuts du microscope. Mais, contrairement à ce qu'on imagine, l'usage de cet instrument ne se répandit pas immédiatement ni ne résulta en une accumulation progressive de documentation microscopique. On connaît extrêmement peu d'études faites au microscope pendant les trente-cinq ans qui suivirent la publication des travaux de Stelluti et de ses collègues de la première Académie du Lynx. On n'a pas encore expliqué cette anomalie de façon satisfaisante, mais il est certain que l'aberration sphérique et chromatique dut contribuer à décourager et égarer des observateurs encore peu exercés dans l'art de fabriquer, monter et utiliser des lentilles de faible distance focale. Quoi qu'il en soit, il faut attendre les magnifiques *Micrographia* (1665) de Robert Hooke pour trouver une seconde œuvre importante réalisée à l'aide du microscope. Il utilisait un instrument composé alors que ses successeurs immédiats se mirent à employer des lentilles simples.

Quelques aspects de la biologie des Cochenilles

par F. BARANYOVITS

Les Cochenilles ont été de tous temps le cauchemar des arboriculteurs, mais aucun des moyens scientifiques puissants dont on dispose aujourd'hui n'a pu prévaloir contre ces insectes: ils sont protégés par leur mode de vie et leur armure naturelle. Il est à espérer pourtant que les études systématiques, dont on trouve ici un aperçu, mettront à jour le «défaut de leur cuirasse», et permettront d'attaquer victorieusement le fléau.

La lutte contre les Cochenilles constitue l'un des plus importants problèmes de l'entomologie économique; ces parasites des arbres fruitiers se sont en effet montrés très résistants aux plus puissants insecticides modernes. On admet généralement que cette résistance de l'insecte est due principalement à l'écaille protectrice qui recouvre son corps; mais comme il peut survivre sur des feuilles de citronnier rendues toxiques pour les acariens rouges par des insecticides par ingestion, il doit y avoir d'autres facteurs de résistance. Aucun fait de l'anatomie ou de la physiologie des Cochenilles expliquant ce phénomène, qui n'est pas présenté par les familles voisines des Pucerons et des Cicadelles, n'est encore connu; aussi l'on décida d'étudier les caractères spéciaux des Cochenilles dans l'espoir de trouver les raisons de cette résistance et leurs points vulnérables. Il était aussi utile d'élucider les difficultés rencontrées lors de leur élevage en vue de travaux sur les insecticides. Nous étudierons ici les résultats obtenus après avoir rappelé les principaux caractères des Cochenilles.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX ET MUES

Les Cochenilles appartiennent à la famille des *Coccidae*, de l'ordre des *Hémiptères*; elles sont voisines des *Aphididae* ou Pucerons. Quelques-unes sont utiles à l'homme, principalement les insectes à laque de l'Inde et d'Extrême-Orient (*Laccifer* sp), les Cochenilles de Mexico (*Dactylopius* sp) et la Cochenille à cire de Chine (*Ericerus pe-la*), mais la famille doit sa notoriété aux dégâts commis par ses membres sur les plantes.

La famille, répandue dans le monde entier, possède une variété considérable d'hôtes: pommiers et aspidistras, bananiers et bégonias, palmiers et Conifères, toutes les plantes en somme sont attaquées par une ou plusieurs espèces. Cependant ce sont les arbres fruitiers des régions tropicales ou subtropicales et les plantes ornementales des serres qui sont les victimes les plus importantes du point de vue économique. C'est ainsi que l'industrie citronnière est menacée dans la plupart des régions de culture par des Cochenilles. Le problème se pose lorsque les vergers sont infestés par des espèces non-endémiques, le développement rapide des espèces nouvellement introduites étant favorisé par l'absence de leurs parasites et prédateurs habituels aussi bien que par le changement climatique. Ce fut le cas pour la Cochenille de San José *Quadraspidiotus perniciosus*, qui a peu d'importance en Chine, son lieu d'origine, mais qui devint un véritable fléau quand elle fut introduite aux Etats-Unis et dans le sud de l'Europe.

Les *Diaspinae* qui sont des parasites hautement spécialisés de végétaux, doivent leurs succès à plusieurs adaptions remarquables. La plus importante est la cuirasse dure sous laquelle l'insecte semble collé pour toujours à son hôte végétal (figures 2 et 3) bien qu'il présente de brèves phases de mobilité. Que l'espèce dépose ses œufs sous l'écaille protectrice ou soit ovovivipare, la première larve peut parcourir une distance de quelques pieds. Quand elle a trouvé une place, elle introduit son rostre dans les tissus de l'hôte et demeure là ancré à sucer, le reste de sa vie si c'est une femelle ou jusqu'à sa maturité si c'est un mâle.

Au cours du développement, la femelle mue deux fois et le mâle quatre fois; à maturité la femelle atteint environ 1 mm de diamètre. Au premier stade, la larve ressemble à un jeune puceron, elle a des yeux, des antennes et six pattes; dès la première mue elle perd ces organes et de plus la division du corps en tête, thorax et abdomen, caractéristique des insectes disparaît. La femelle perd ces organes définitivement, mais au dernier stade, le mâle apparaît avec des antennes et des ailes qui lui serviront à découvrir et à atteindre les

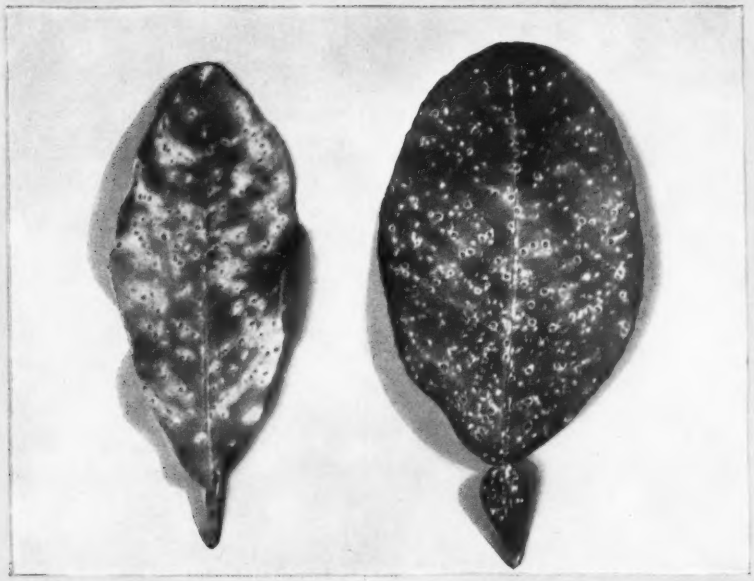


FIGURE 1 – *Cochenille rouge de Californie sur feuille d'oranger (à droite) et, montrant la destruction de la chlorophylle, sur feuille de citronnier (à gauche).* (× 0,75)

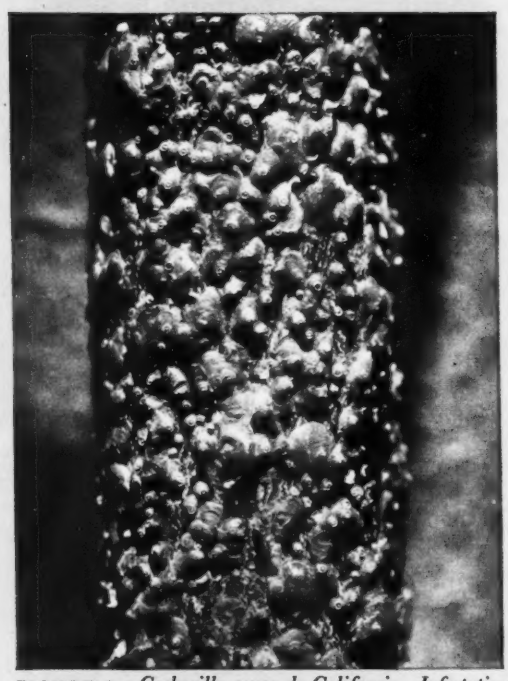


FIGURE 2 – *Cochenille rouge de Californie. Infestation massive sur un rameau d'oranger.* (× 6)

FIGURE 3 – *Cochenille rouge de Californie: (en bas) une femelle pubère, sans son écaille, et (au-dessus) des nymphes mâles.* (× 10)

FIGURE 4 – *Cochenille rouge de Californie. Préparation éclaircie d'une femelle complètement développée montrant les glandes à soie et les lobes postérieurs.* (× 100)

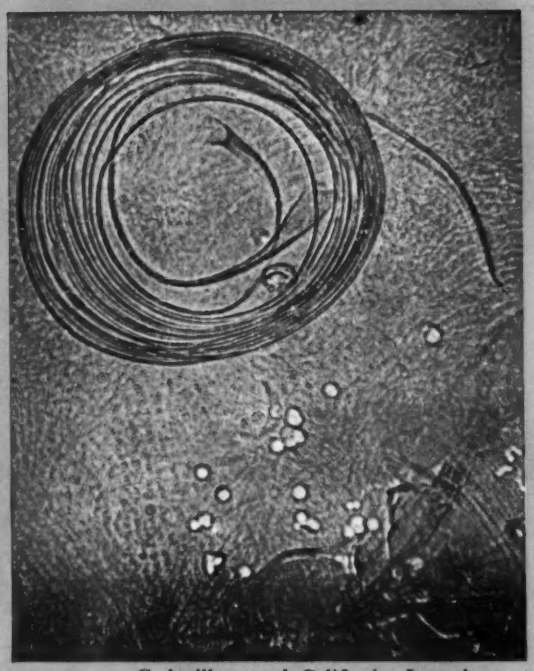


FIGURE 5 – *Cochenille rouge de Californie. Les stylets sont séparés dans la spire du rostre en développement (au-dessus) avant de traverser l'armature buccale (au-dessous).* (× 430)

femelles pubères beaucoup plus grandes. Ses pièces buccales et son tube digestif ne sont pas fonctionnels.

La nature sédentaire des Cochenilles pourrait empêcher leur propagation naturelle, mais c'est à cause d'elle que les insectes sont transportés rapidement d'un lieu à un autre sur les fruits infectés; le vent et les autres agents mécaniques achèvent leur répartition locale et mondiale. La rapidité de leur multiplication est aussi un garant de leur succès. Normalement la reproduction est sexuée mais dans quelques espèces elle est aussi parthénogénétique et la fécondité est très grande. Les œufs et plus tard les jeunes sont à l'abri de leurs ennemis naturels et des éléments sous l'écaille de la mère. Il peut y avoir quatre générations par saison et c'est à cause de tout cela que les Cochenilles redeviennent rapidement très nocives même après une destruction de 95%; de fréquentes applications de toxiques efficaces ne font que maintenir à un taux peu élevé les dégâts commis.

LA MUE

Quand une larve atteint sa limite de croissance et est prête à muer, elle colle sa partie supérieure au dôme de l'écaille à l'aide d'une sécrétion de ses tubes de Malpighi. Elle cesse de se nourrir et demeure immobile comme morte pendant quelques jours. Pendant ce temps une nouvelle cuticule et un nouveau rostre se développent et l'animal devient beaucoup plus petit, perdant environ 50% de son poids. Quand tout est prêt pour la mue proprement dite, l'insecte insère son nouveau rostre dans l'hôte et ensuite par des contractions se débarrasse de son ancienne cuticule. Celle-ci devenue dure et cassante, se fend sur les bords. La partie dorsale est rejetée et incorporée au bouclier tandis que la partie ventrale qui est très mince reste sous l'insecte. L'ancien rostre est abandonné dans les tissus de l'hôte.

Le temps nécessaire aux *Diaspinae* pour muer, comparativement à la période de nourriture et de développement est anormalement long pour des insectes. A 28° C la première larve de la Cochenille rouge de Californie prend 3 jours et demi pour se nourrir et 8 jours pour muer, la deuxième larve trois jours et demi pour se nourrir et six pour muer. Ceci explique la faible vulnérabilité de ces animaux vis-à-vis des insecticides. Pendant la mue, l'insecte ne se nourrit pas et se trouve donc à

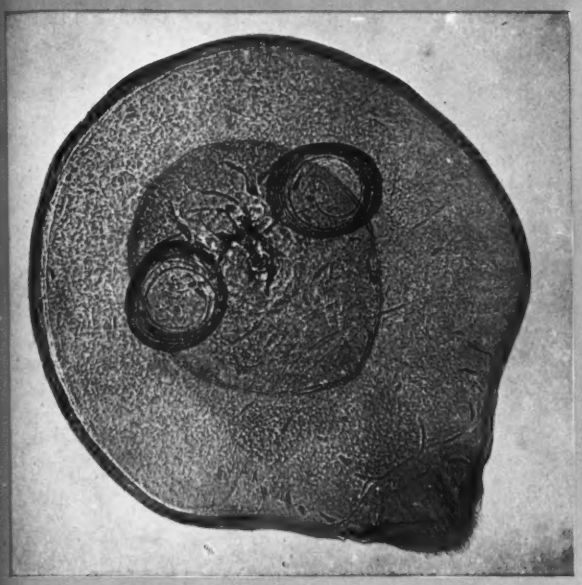


FIGURE 6 – *Cochenille rouge de Californie au moment de la seconde mue, montrant le nouveau rostre enroulé en spirales et la cuticule rejetée du premier stade.* (× 130)

FIGURE 7 – *Cochenille rouge de Californie, montrant le rostre en boucles prêt à l'insertion, et le rétrécissement du corps.* (× 130)

l'abri des insecticides agissant par ingestion, comme à ce moment le corps de l'insecte est recouvert par l'ancienne cuticule, il résiste aussi aux insecticides de contact.

BIOLOGIE DE LA NUTRITION

Du point de vue de leur nutrition, les Cochenilles diffèrent beaucoup des Pucerons voisins, Le puceron insère son rostre dans les vaisseaux conducteurs de la plante et prend une nourriture en solution en aspirant directement la sève contenue dans les vaisseaux. La Cochenille au contraire se nourrit exclusivement du contenu cellulaire du parenchyme qui doit être dissous par digestion externe avant de pouvoir passer dans le rostre. C'est pour cela que l'on pense que la salive de la Cochenille doit être plus active que celle du puceron; en tout cas elle est beaucoup plus nocive pour les plantes: ainsi la salive des Cochenilles rouges de Californie est si toxique qu'il suffit de quelques insectes pour tuer les plantules.

Le rostre des Cochenilles est un mince tube formé par deux paires de stylets chitineux très fins; les deux stylets internes d'origine maxillaire adhèrent fortement l'un à l'autre par leurs bords, ménageant entre eux deux canaux de moins de 1 μ de diamètre: ce sont les canaux de succion et d'injection. Les crochets externes mandibulaires sont accolés mais non soudés aux internes, en collaboration avec ceux-ci ils servent à pénétrer les tissus de l'hôte. Par rapport à la taille de l'insecte le rostre est très long: chez la première larve de la Cochenille rouge de Californie il atteint 0,33 mm de long soit 1,4 fois la longueur du corps; il a seulement 1,7 μ de diamètre; après la deuxième mue il atteint 3 mm soit 3 à 4 fois la longueur du corps; son diamètre atteint 3,7 μ. Ce long tube nourricier compense en quelque sorte pour l'insecte son incapacité à se mouvoir pour chercher sa nourriture.

Le développement du rostre peut facilement être suivi dans le corps même d'un insecte préparant sa mue. Les stylets se forment séparément et l'on voit de chaque côté du pharynx une paire de stylets, l'un d'origine maxillaire et l'autre d'origine mandibulaire (figures 5 et 6). La bouche leur fournit une armature consistant en quatre tubes à travers lesquels les stylets passent avant de pénétrer dans le pharynx. Des muscles insérés sur chaque tube pharyngien assurent la traction

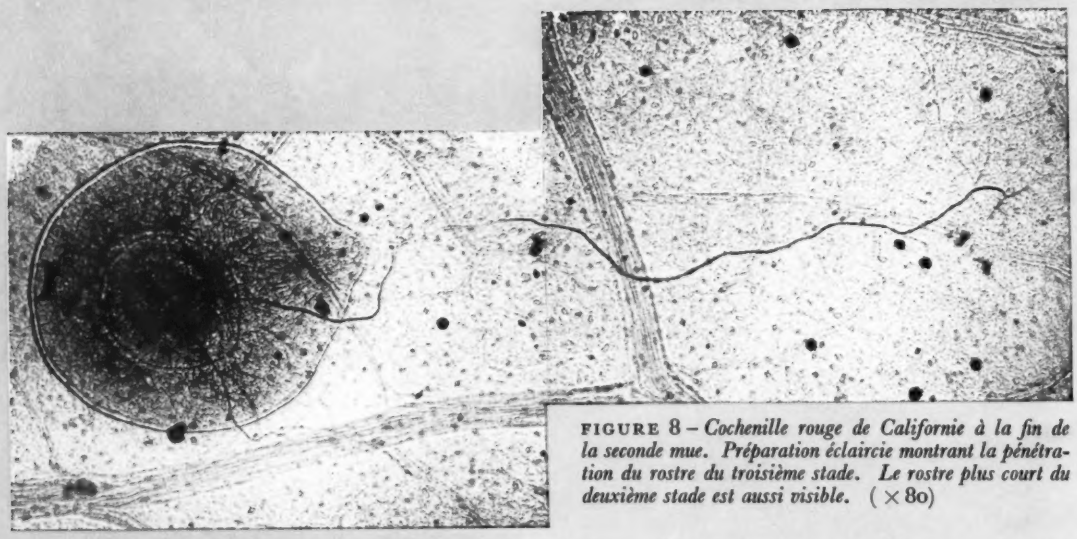


FIGURE 8 – *Cochenille rouge de Californie à la fin de la seconde mue. Préparation éclaircie montrant la pénétration du rostre du troisième stade. Le rostre plus court du deuxième stade est aussi visible.* (× 80)

FIGURE 9 – *Cochenille rouge de Californie. Préparation à l'iode d'une feuille de citronnier montrant la disparition de l'amidon le long du trajet du rostre.* (× 30)

FIGURE 10 – *Cochenille rouge de Californie. Infestation du feuillage de citronnier à partir de tubercules de pomme de terre.*

individuelle en avant ou en arrière de chaque stylet. A l'extrémité du pharynx les stylets se rejoignent et forment le rostre qui pénètre dans un sac élastique appelé la «crumena» où il reste le temps nécessaire. Le rostre continue cependant à s'étendre en longueur et comme il bute contre les parois de la crumena, il se replie en arrière en boucles (figure 7). Ces boucles ont des formes distinctives suivant les stades.

Quand une larve s'est établie sur une plante, avant qu'elle ne cherche à se nourrir, le rostre entier est enroulé dans le corps, mais quand l'insecte le pousse dans les tissus de la plante les boucles se déroulent progressivement et la crumena se vide.

Comment cet organe si délicat qu'est le rostre peut-il s'étendre et pénétrer dans les parois cellulaires? Ce problème a longtemps dérouté les entomologistes. Selon Weber [4] qui étudia la cicadelle *Psylla mali* dont l'appareil buccal est semblable, la pénétration s'effectue par une série de petites poussées comprenant une protraction successive de chacun des stylets mandibulaires externes suivie de la protraction simultanée des deux stylets maxillaires internes. Ces mouvements se poursuivent jusqu'à ce que le rostre soit complètement inséré dans la plante. Les mêmes phénomènes doivent se produire chez les *Diaspinae*, mais la transmission de la traction musculaire de la base à l'apex du tube qui est enroulé dans le corps de l'insecte et se courbe dans les tissus de la plante est si remarquable qu'un autre phénomène doit entrer en jeu. Les boucles elles-mêmes doivent avoir un rôle [1, 7]. Il est aussi fort probable que la salive injectée à travers le tube favorise sa pénétration en ramollissant les parois cellulaires.

Le trajet du rostre dans la plante peut être facilement suivi car l'action de la salive sur les tissus végétaux forme autour de l'organe une gaine de substance semblable à la pectine; le rostre et sa trace peuvent donc être détectés sans coloration sur des préparations transparentes. La figure 8 montre clairement que le parcours du rostre est intracellulaire et presque droit, mais quand il rencontre un obstacle dur, comme un faisceau vasculaire, le rostre est ramené un peu en arrière puis poussé en avant dans une direction différente.

La nutrition commence seulement quand le rostre est complètement déroulé; néanmoins à chaque marche en avant du rostre, la salive est éjaculée, elle diffuse dans les cellules hydrolysant leur amidon en sucre, non seulement dans les couches immédiatement avoisinantes mais aussi dans les cellules des couches plus éloignées. Le test à l'iode le montre très facilement (figure 9). La prédissolution de l'amidon est également faite par les hyphes des champignons [3]. Dans la zone d'activité des Cochenilles, la chlorophylle est parfois détruite aussi (figure 1).

L'injection de la salive nécessite certainement une action de pompe, mais le prélèvement de nourriture se fait seul, en effet si l'on coupe le rostre lorsque la nutrition est en train, une goutte de liquide perle à l'extrémité, du côté de l'hôte, montrant ainsi que le liquide nutritif s'élève sous sa propre pression.

Le tube digestif est hautement spécialisé: de l'œsophage la nourriture passe dans un sac aveugle, l'estomac, d'où il diffuse dans la cavité générale pour une digestion plus poussée. Les tubes de Malpighi qui communiquent directement avec le rectum et de nombreuses glandes à soie excrètent les déchets du sang: mais rien n'est perdu dans l'économie de l'insecte, les excrétats eux-mêmes sont utilisés pour la fabrication de l'écaille. Les *Diaspinae* n'ont pas d'excréments solides et ils ne sécrètent pas de miellée, contrairement aux pucerons et aux *Pseudococcines* et tous les insectes qui se nourrissent de la sève sucrée du phloème.

FORMATION DE L'ÉCAILLE

Le mode de formation de l'écaille des *Diaspinae* n'est pas encore connu en détail. Le fait que l'insecte sécrète une substance supposée cireuse dans des glandes de son pygidium et construit son écaille à l'aide de ce matériel et des cuticules rejetées à chaque mue, semble avoir satisfait les entomologistes. Cependant peu d'études sérieuses ont été faites et certaines constatations sont encore à vérifier.

Dès que le jeune a trouvé sa place et inséré son rostre dans les tissus de l'hôte, il sécrète de fins filaments blancs communément appelés soies. Ils proviennent de glandes éparpillées sur sa face dorsale mais principalement autour de son pygidium, ils en sont expulsés par des contractions périodiques de l'abdomen. La sécrétion continue ainsi pendant une demi-heure, ensuite l'abdomen est poussé légèrement de côté, faisant un léger angle avec le reste du corps, un mouvement fluctuant ramène ensuite le reste du corps en ligne. Par une série de ces mouvements, l'insecte pivote ainsi autour de son rostre.

En se référant à Berlese [1] on assume généralement que l'insecte forme son écaille en tournant continuellement autour de son point d'attache. Mais ceci aboutirait à une torsion du rostre; une

observation minutieuse nous a convaincu que les choses ne se passent pas ainsi. Les mouvements ne continuent pas toujours dans la même direction, ils oscillent de part et d'autre. La larve de la Cochenille rouge de Californie, par exemple continue généralement à se pousser d'un seul côté jusqu'à ce qu'elle ait décrit un arc de 270° à 315°. Elle retourne alors en arrière en faisant alternativement des mouvements circulaires progressifs de chaque côté de la partie restant à recouvrir, formant ainsi une écaille circulaire. Le phénomène est très rapide, en 5 minutes à 22° C, une larve de premier stade de la Cochenille de San José sécrète une soie de 0,2 mm de long, en faisant 15 contractions du corps. En 35 minutes, elle fait 140 contractions qui lui permettent de tourner d'environ 45°. A des températures optimum le procédé est encore plus rapide. La Cochenille rouge de Californie met seulement 20 minutes à décrire un arc de 270°. Ordinairement l'écaille du premier stade est terminée en deux jours et les agrandissements lors des stades plus âgés ne durent guère plus longtemps.

Dans les premiers stades de sécrétion de la soie, l'insecte se sert de ses pattes comme de peignes pour saisir les filaments détachés et les fixer à la surface. En quelques heures, l'insecte est entièrement recouvert d'un enchevêtrement circulaire de fils de soie appelé le capuchon blanc. Les tubes sécrètent alors un liquide gluant qui est éjecté avec force toutes les 2 ou 4 minutes et réparti uniformement à l'aide des mouvements circulaires du corps déjà décrits. La plus grande partie de cette substance est absorbée par la soie, agglutinant ses filaments en une masse douce et apparemment homogène qui durcit ensuite en donnant l'écaille. C'est ce que l'on fait, lorsqu'on mélange à du matériel fibreux, comme le coton de verre, une substance plastique afin d'obtenir un produit dur et résistant. Cette imprégnation change la couleur de la soie qui de blanche devient jaune, brune ou noire selon les espèces. Une petite partie du liquide est aussi répartie à la surface sous l'écaille, formant le dépôt de cire blanche qui est si visible sous l'écaille, lorsque l'on retire un de ces insectes de son point d'attache.

Tout le bord de l'écaille est si fermement attaché à la surface de l'hôte que l'on se demande comment les insectes scellés à l'intérieur peuvent respirer. L'écaille cependant n'est pas entièrement imperméable à l'air et la Cochenille a un système respiratoire anormalement développé, comprenant quatre stigmates ventraux et des trachées qui se ramifient dans tout le corps (figure 11). On ne sait pas encore comment les mâles parviennent aux femelles, il est probable qu'à sa dernière mue, la femelle laisse un petit espace non scellé au bord de l'écaille. Parfois les tubes de Malpighi de la jeune larve ne fonctionnent pas; en ce cas le capuchon reste filamenteux, de couleur blanche et atteint une grande taille; l'insecte meurt alors avant de pouvoir muer; on ne connaît pas la cause de ce phénomène.

A la fin de la première mue, la vieille cuticule s'intègre dans l'écaille, rendant celle-ci plus résistante et moins perméable. Dès lors le processus de formation de l'écaille est plutôt différent. Le nombre des glandes sécrétant la soie a augmenté et elles sont maintenant entièrement concentrées autour du pygidium qui est muni de sortes de peignes et de lobes aux arêtes vives très fortement chitinisées (figure 11). L'insecte ayant besoin d'une plus grande écaille que précédemment, il applique ses lobes à la surface de la plante en faisant un léger angle et détache de force la vieille écaille tout en ajoutant une nouvelle sécrétion au bord. La larve qui vient de muer, étend sa taille en retirant son rostre suffisamment pour que son pygidium puisse délimiter la nouvelle écaille. L'achèvement de l'écaille a lieu comme précédemment sauf que l'insecte, dépourvu de pattes, compte entièrement sur des mouvements oscillatoires du corps pour pivoter autour de son rostre. Les poils végétaux et les poussières sont balayés et incorporés à l'écaille.

Le dernier stade est semblable et l'écaille finale est un aggloméré compact de sécrétions durcies, formées par chacun des trois stades alternant avec les cuticules rejetées.

La nature même de la soie est encore peu connue, probablement parce qu'elle n'a été étudiée que dans l'écaille terminée. Berlese [1] rapproche les filaments de la soie. Maulik [2] rapporte que l'écaille se dissout dans la soude caustique mais est insoluble dans l'acide sulfurique concentré. Les écailles peuvent se conserver un an dans l'éther de pétrole, la benzine, l'alcool, le xylène, le chloroforme, l'acétone, le sulfure de carbone et d'autres solvants sans se dissoudre. Metcalf [5] dit simplement que cette partie dure recouvrant le corps est un mélange intime de cire et de quelque autre matière. Nel [6], Pesson [7] et Bodenheimer [8] mentionnent la sécrétion cireuse, mais ne donnent pas d'autres détails. Nos observations sur les Cochenilles de San José et les Cochenilles rouges de Californie ont montré que les filaments d'environ 1 μ de diamètre sont dès la sécrétion secs et très durs. Pendant une période larvaire

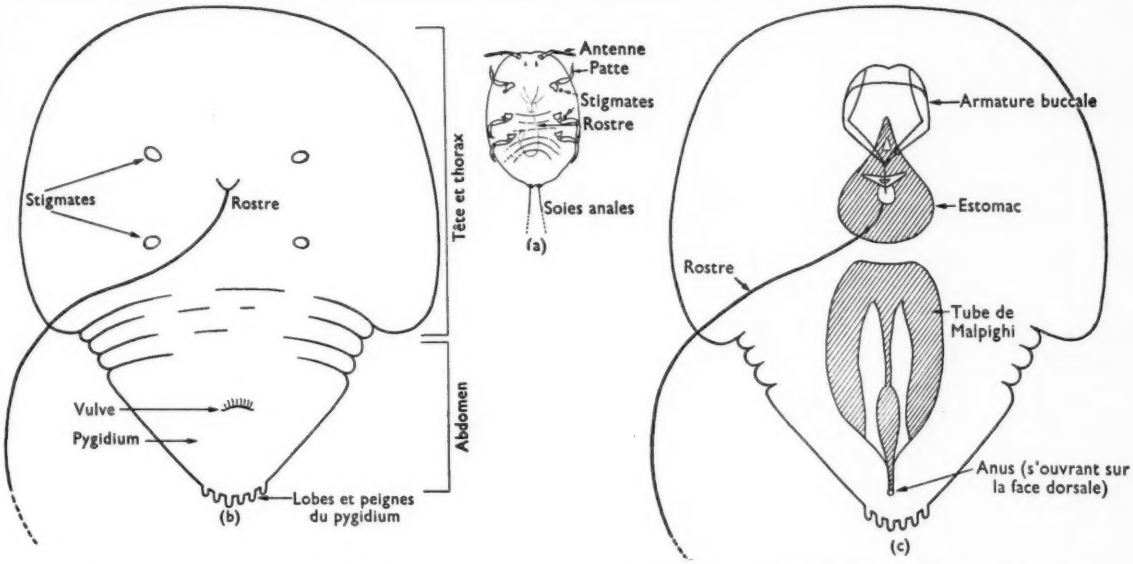


FIGURE 11 – *Principales structures des Cochenilles.* (a) *Face ventrale d'une larve de premier stade de* Quadraspidiotus sp. (b) *Femelle adulte d'*Aonidiella *vue par la face ventrale.* (c) *Femelle adulte d'*Aonidiella *montrant le tube digestif.*

quelconque, les filaments sécrétés sont continus. On ne peut les voir à l'œil nu dans l'écaille toute faite bien que leur individualité ne soit pas perdue; mais si l'on dissout la matière liante par une immersion de quelques jours dans la soude à 10%, en tirant doucement sur la soie, on peut la dérouler entièrement en un long fil.

Les glandes à soie, examinées au troisième stade chez la Cochenille rouge de Californie, sont de longs organes minces occupant la moitié de la longueur du corps (figure 4). Il y en a environ 40 et elles s'ouvrent en rangées régulières sur le dos de l'insecte autour de l'apex de l'abdomen. Leur disposition varie beaucoup d'une espèce à l'autre et ce caractère est très utilisé en systématique. Chaque glande est formée d'une cellule sécrétrice allongée, piriforme, portée sur un long canalicule qui aboutit dans un réceptaculum dont le court conduit ayant seulement 1μ de diamètre interne pénètre dans un long tube plus gros qui conduit à la surface. Berlese [1] et Nel [6] décrivent et représentent une paire de glandes accessoires, les ganogènes, qui sécréteraient une gaine au filament; mais un examen minutieux montre qu'elles n'existent pas.

Bien que cette étude ait éclairé quelques faits obscurs de la biologie des Cochenilles et de leur résistance aux insecticides, elle a révélé plutôt que résolu les difficultés rencontrées dans la lutte contre ces insectes. Vu la haute spécialisation des insectes, il est très douteux qu'aucun test général puisse être utilisé à la découverte de nouvelles substances tuant les Cochenilles. L'élevage laborieux des Cochenilles — qui peut être assuré convenablement sur pomme de terre (figure 10) — doit continuer pour permettre les tests et l'estimation des effets directs des produits chimiques. Il n'est pas facile de dire comment les progrès peuvent être réalisés mais il est certain qu'une des premières étapes sera constituée par une recherche plus approfondie sur la nature de ces fléaux destructeurs.

BIBLIOGRAPHIE

[1] BERLESE, A. «Gli Insetti». Deux volumes, Milan, 1909–22.
[2] MAULIK, S. *Bull. ent. Res.*, 7, 267, 1916–17.
[3] O'BRIEN, D. G. et MCNAUGHTON, E. J. *Res. Bull. W. Scot. Coll. Agric.*, N° 1, 1928.
[4] WEBER, H. «Biologie der Hemipteren». Berlin, 1930.
[5] METCALF, C. L. et HOCKENYOS, G. L. *Trans. Ill. Acad. Sci.*, 22, 166, 1930.
[6] NEL, R. G. *Hilgardia*, 7, 418, 1932.
[7] PESSON, P. Contribution à l'étude morphologique et fonctionnelle de la tête, de l'appareil buccal et du tube digestif des femelles de Coccides. 1944.
[8] BODENHEIMER, F. S. «Citrus entomology». W. Junk, La Haye, 1951.

Fabrication des réseaux à diffraction

par L. A. SAYCE

L'auteur décrit ici le principe et la construction d'un réseau à diffraction, organe essentiel du spectroscope. La méthode Rowland, employée depuis plus de 80 ans pour le traçage des réseaux, n'ayant pas la précision qu'exige les travaux modernes, on utilise actuellement une méthode de traçage hélicoïdal imaginée par Sir Thomas Merton. On trouvera ici un exposé détaillé de la technique nouvelle.

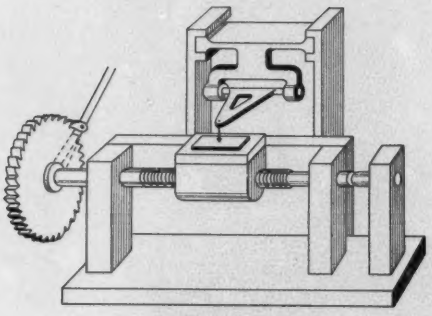
Un réseau à diffraction moderne, consiste en un miroir, plan ou sphérique, à surface métallique, sur lequel sont tracés des traits rectilignes parallèles, en grand nombre, et de section droite déterminée. Le nombre des traits varie de 400 à 12 000 par centimètre, suivant la destination, mais quel que soit l'espacement, il doit se répéter avec la plus grande régularité d'un bout à l'autre du réseau.

Ce traitement change profondément les propriétés du miroir. Avant le tracé des rainures, il réfléchit avec une intensité égale pour toutes les longueurs d'onde; après, il dévie la lumière d'un angle proportionnel à la longueur d'onde, et permet donc la séparation en composantes d'un rayonnement complexe. Dans les spectroscopes, les réseaux peuvent remplacer les prismes sur lesquels ils ont de gros avantages. En fait, c'est l'emploi de réseaux dans l'ultra-violet qui a permis d'obtenir la plupart des renseignements sur la structure atomique, et maintenant dans l'infrarouge, ils jouent dans les études de structure moléculaire un rôle essentiel et toujours croissant.

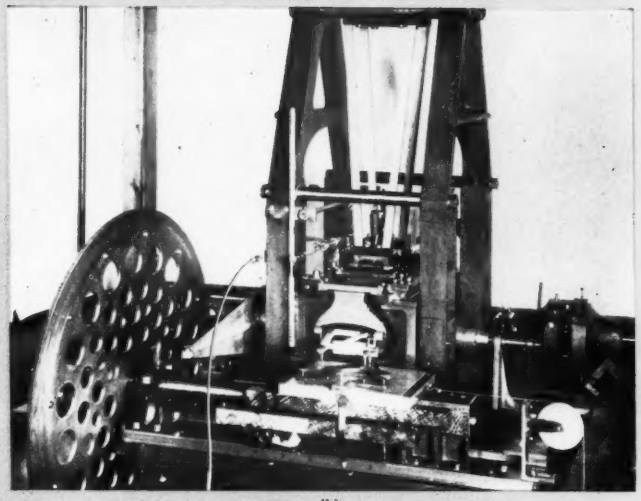
La majorité des réseaux utilisés dans le monde ont été tracés en Amérique, suivant une méthode introduite vers 1870 par H. A. Rowland, professeur à l'Université Johns Hopkins. En Angleterre, on s'est servi depuis 1908, au *National Physical Laboratory*, d'une machine à diviser fonctionnant suivant la technique de Rowland, qui avait été construite par Otto Hilger pour feu Lord Blythswood. On voit sur la figure 1 une photographie et un schéma simplifié de cette machine. Elle consiste essentiellement en deux glissières, ou chemins, perpendiculaires l'une sur l'autre. L'une guide un chariot qui entraîne le réseau, l'autre guide l'outil qui grave le réseau. Le mouvement du chariot est assuré par une vis-mère, dont l'axe porte, à son extrémité, une grande roue à cliquet. Le cliquet fait tourner la roue d'une façon intermittente, d'une petite fraction de tour pendant chaque cycle d'opérations. Pendant ce temps, le porte-outil va et vient dans sa glissière, et le diamant arrive au contact de la pièce pendant l'intervalle de temps où celle-ci est immobile.

C'est le principe général des machines à diviser, mais il faut une précision exceptionnelle pour tracer les réseaux, ce qui est une source de difficultés; la technique courante demande rarement de travailler à plus de $2{,}5 \cdot 10^{-3}$ mm près, alors que l'erreur maximum permise dans l'espacement des traits d'un réseau est de l'ordre de $2{,}5 \cdot 10^{-5}$ mm. Des erreurs d'espacement de cet ordre ont des causes diverses: une vis micrométrique ou un palier de butée défectueux, une roue à cliquet imparfaitement concentrique produisent des erreurs périodiques, qui se traduisent par les «raies fantômes» de Rowland, raies secondaires peu intenses, voisines de chaque raie véritable du spectre (figure 2) et sources de confusions nombreuses. D'autres imperfections se traduisent par les raies fantômes de Lyman et encore d'autres par des variations irrégulières d'espacement qui peuvent réduire sérieusement le pouvoir de résolution. Ces erreurs irrégulières résultent principalement du mouvement alternatif de la machine; il est impossible de maintenir un frottement absolument constant sur les glissières; il y a ainsi des variations inévitables dans l'effort subi par les parties mobiles, et corrélativement dans leurs dimensions. Ces difficultés s'accroissent de plus en plus quand les parties mobiles deviennent plus grandes, et c'est pourquoi les bons réseaux gravés sur une largeur de plus de quinze ou vingt centimètres sont très peu nombreux.

Deux essais révèlent commodément les imperfections principales. On peut d'abord préparer une réplique transparente exacte du réseau, et la diviser en deux en la coupant perpendiculairement aux traits. Les deux moitiés sont alors superposées, avec un léger angle entre elles, et le défaut périodique déphasé. Les franges moirées, perpendiculaires aux rainures, révèlent avec évidence les défauts périodiques du réseau. Le second essai consiste à faire interférer une des ondes

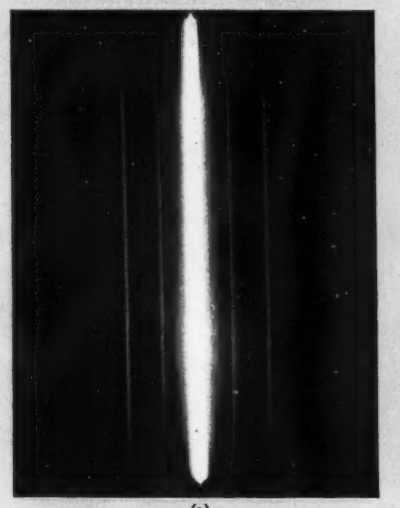


(a)

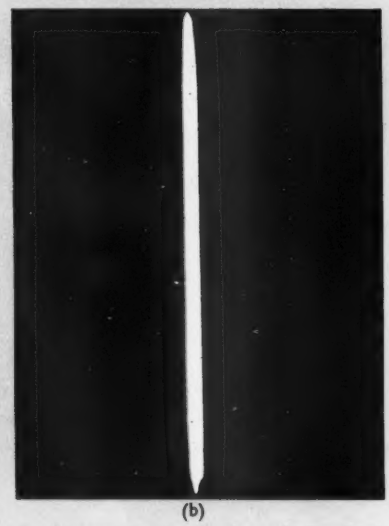


(b)

FIGURE 1 – *Machine à graver les réseaux de Blythswood. Construite par Otto Hilger, en suivant la méthode de Rowland. Les traits sont gravés sur un mouvement alternatif intermittent;* (a) *schéma très simplifié;* (b) *photographie.*

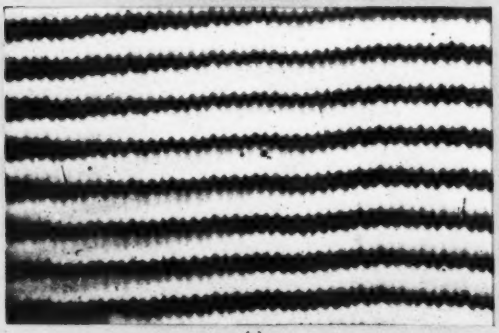


(a)

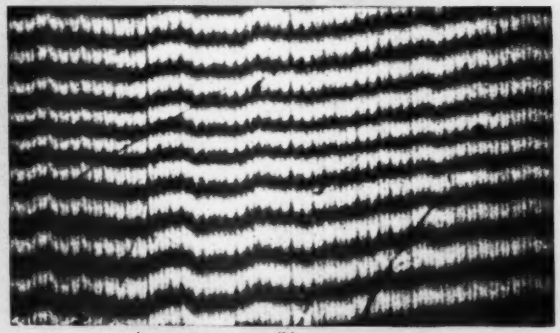


(b)

FIGURE 2 – *Raie verte du mercure,* $\lambda = 5461$ Å. *obtenue* (a) *avec un réseau de Rowland récent, à 2840 rainures au centimètre;* (b) *avec un réseau Merton-N.P.L., à 2960 rainures au centimètre.*



(a)



(b)

FIGURE 3 – *Réseau plan à 2840 rainures au centimètre, gravé sur une des machines de Rowland à l'Université Johns Hopkins;* (a) *franges moirées;* (b) *interférences du premier ordre.*

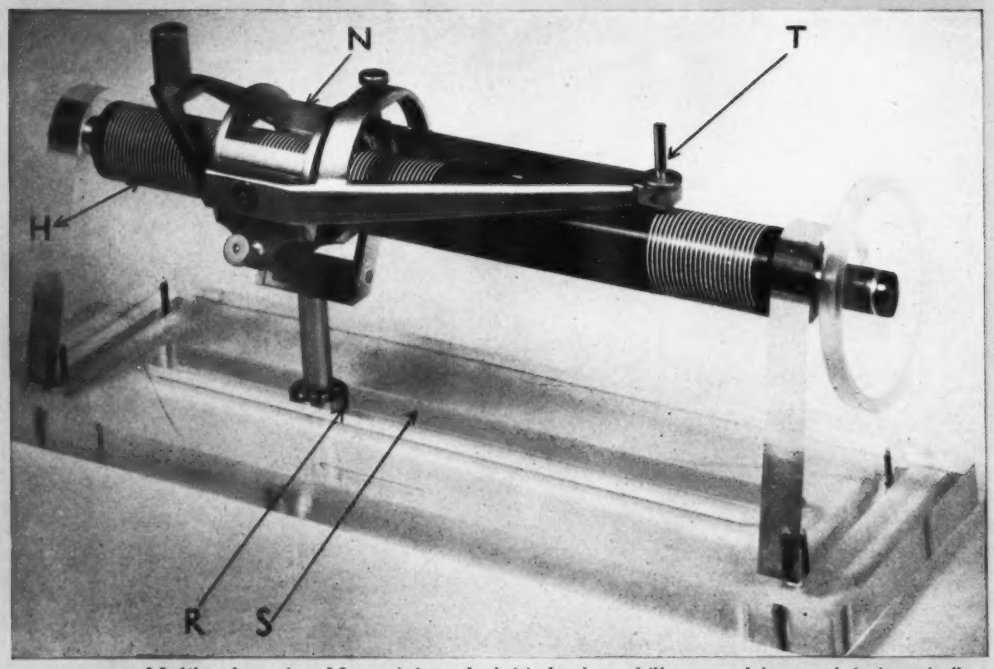
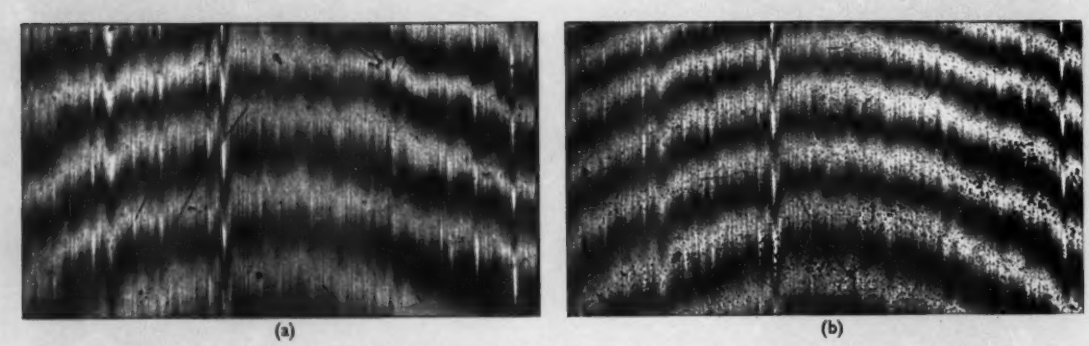
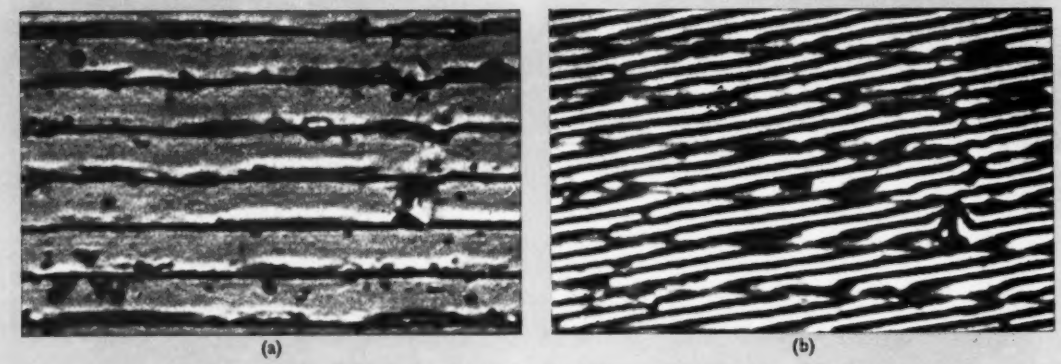


FIGURE 4 – *«Modéle» du système Merton à écrou destiné à obtenir une hélice «secondaire» corrigée à partir d'une hélice «primaire» gravée au tour.*



(a) (b)

FIGURE 5 – *Interférences du premier ordre obtenues avec* (a) *un réseau Blythswood,* (b) *sa copie par le procédé Merton-N.P.L.*



(a) (b)

FIGURE 6 – *Microstructure, et micro-interférences, d'un réseau avec* blazing.

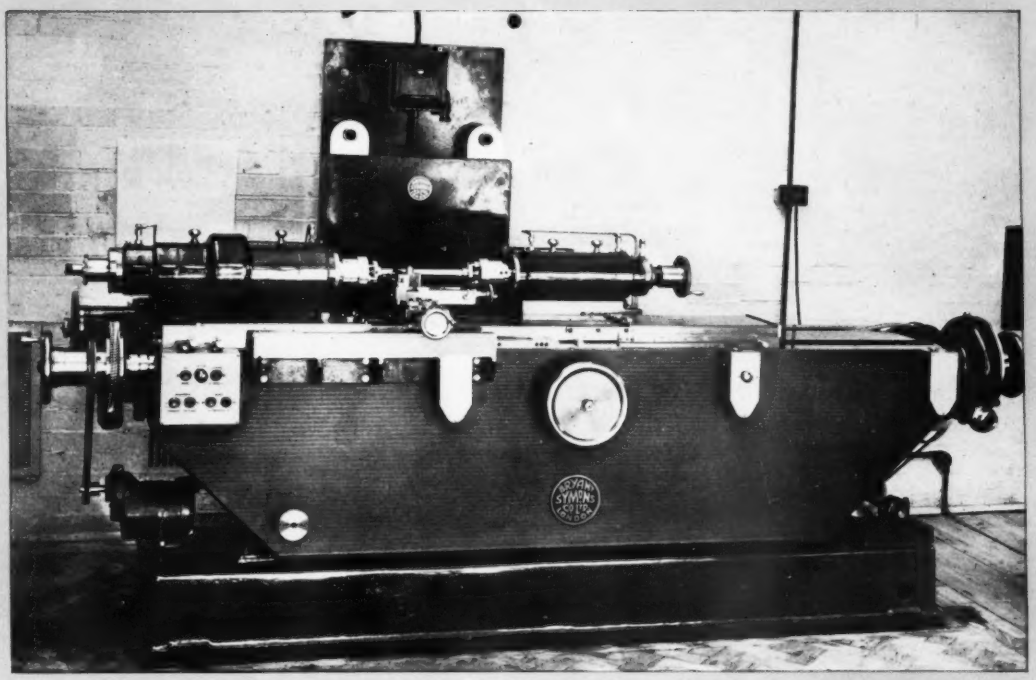


FIGURE 7 – *Tour spécialement construit pour obtenir des hélices primaires totalisant jusqu'à* 12 000 *tours au centimètre.*

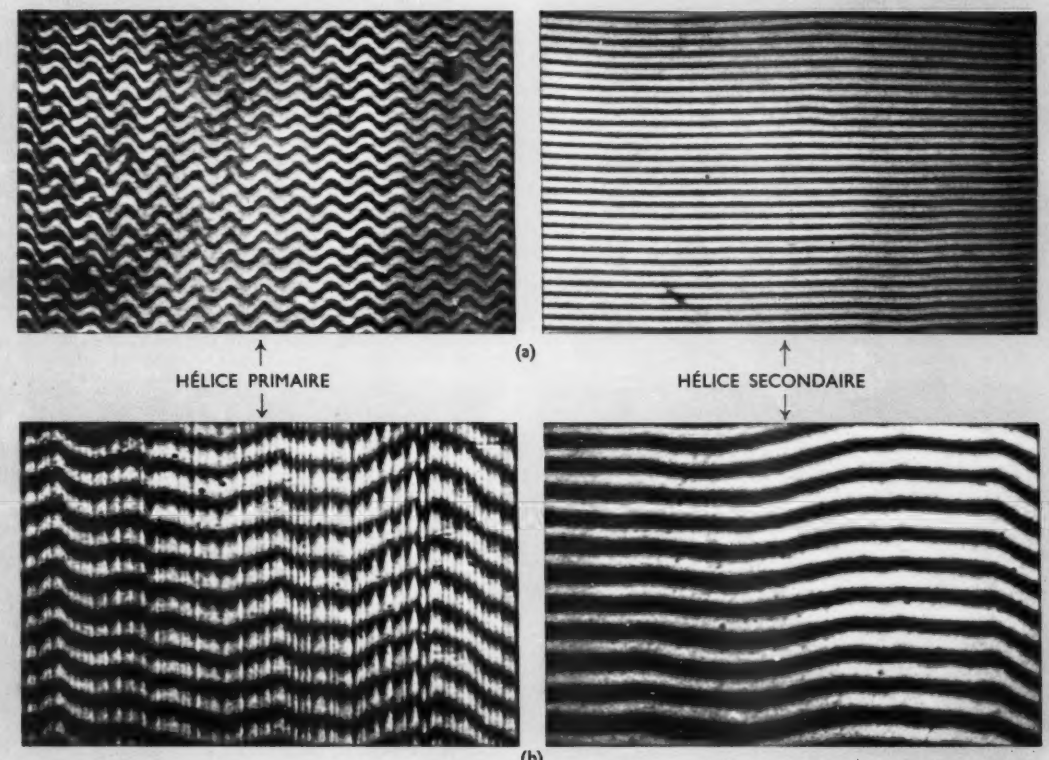


FIGURE 8 – *Démonstration du rôle correcteur de l'écrou Merton;* (a) *franges moirées;* (b) *interférences du premier ordre, à partir d'hélices primaires et secondaires respectivement.*

diffractées du réseau avec l'onde correspondante réfléchie sur une surface optiquement plane, dans un interféromètre de Fizeau modifié. Dans ces conditions, un réseau parfait devrait donner lieu à des franges d'interférence rectilignes et parallèles. Celles-ci sont déformées lorsqu'il y a des variations d'espacement, et l'essai est particulièrement précieux pour révéler la situation et l'étendue des défauts. On voit sur les figures 3(*a*) et 3(*b*) des exemples d'application de chacun de ces essais à un réseau du type Rowland.

Ces dernières années ont vu s'accroître les besoins mondiaux en réseaux plus grands, et de meilleure qualité, et l'on a construit un certain nombre de machines à diviser nouvelles, mais toutes semblables à celles de Rowland. On grave les rainures une à une, par un mouvement de va et vient, analogue à celui d'une emboutisseuse ou d'une raboteuse.

Quand il s'agit d'une précision de l'ordre de 10^{-5} mm, ces arrêts, ces départs et ces renversements de directions incessants des parties essentielles semblent fondamentalement nuisibles, car à cette échelle, les petits efforts et les petites vibrations, sans aucune importance dans la technique courante, prennent une importance prépondérante: c'est comme si l'acier même avait les propriétés que nous associons normalement au caoutchouc. Aussi a-t-il été suggéré en 1948, par Sir Thomas Merton, de tracer ces réseaux sur des cylindres, comme des pas de vis très fins. On remplace ainsi les actions intermittentes et alternatives des machines à diviser précédentes par un mouvement régulier comme celui d'un tour, et tout le réseau consiste en un seul long trait. Ce réseau hélicoïdal ne peut être utilisé que dans un spectroscope donnant une onde plane, mais c'est possible de diverses manières. D'abord, on peut faire coïncider l'axe de l'hélice avec le foyer linéaire d'une lentille cylindrique. Ou encore, s'il faut utiliser le réseau dans un domaine spectral où la lentille n'est pas transparente, on peut le disposer au foyer d'un miroir parabolique cylindrique.

Cependant, ni l'une ni l'autre de ces méthodes n'est aisément praticable, car l'exécution de lentilles et de miroirs cylindriques réellement bons est extrêmement délicate. Mais Merton propose une troisième solution: on revêt l'hélice avec une solution de matière plastique, qui donne en se durcissant une pellicule exactement adhérente. Celle-ci est fendue suivant sa longueur, dépliée, et étendue sur une surface plane de gélatine humide, qui se sèche lentement au travers de la pellicule. On a ainsi une copie «plane» permanente de l'hélice initiale. La copie en gélatine peut servir de réseau par transmission, ou être transformée en réseau par réflexion, après avoir reçu dans le vide un revêtement d'aluminium. Cette technique a semblé particulièrement séduisante, car on pouvait recopier à plusieurs reprises la gravure hélicoïdale originale et en obtenir des copies identiques en nombre indéterminé. On allait avoir de bons réseaux en grand nombre et à bon compte.

Dans l'application pratique de ces considérations, au *National Physical Laboratory*, on a d'abord étudié la partie copiage. Pour avoir un terme de comparaison commode, nous sommes partis d'un réseau plan, gravé sur la machine de Blythswood, comme matrice, et nous avons essayé d'en tirer des copies exactes. Il fallait surmonter deux difficultés: préparer une pellicule qui conservât, pendant toute l'expérience, les proportions exactes du réseau matrice avec l'extraordinaire précision nécessaire; préparer une surface de gélatine optiquement plane, capable de rester plane en général pendant le séchage, tout en suivant exactement la forme des sillons de la pellicule au contact. On voit sur la figure 5 comment nous avons pu surmonter ces deux difficultés: elle représente les diagrammes d'interférence du premier ordre d'un réseau matrice et de sa copie. Le réseau était plein d'imperfections, périodiques et irrégulières, ce qui met encore plus en lumière la fidélité de la méthode de copiage; chaque imperfection est fidèlement reproduite. On a décrit complètement ailleurs [1] la méthode suivie. Disons seulement ici que nous avons utilisé des pellicules de polyméthylméthacrylate, ou de polystyrène, appliquées sur le réseau matrice, et transférées sur de minces couches de gélatine coulée entre des surfaces optiquement planes.

Désormais sûrs de notre technique de copiage, nous nous sommes tournés vers la préparation des réseaux hélicoïdaux eux-mêmes. Il n'est pas spécialement difficile d'adapter un tour à filetage de précision à graver des pas de vis très fins. On fait tourner la vis-mère très lentement en utilisant un réducteur convenable, et on peut ainsi arriver même à des hélices de 600 tours par millimètre. Mais ces hélices gravées au tour ne sont pas utilisables, car les réseaux correspondants présentent des imperfections périodiques considérables, dues à des défauts inévitables de la vis-mère, de son palier de butée, et des engrenages, et le spectre est complètement noyé dans les raies parasites ou fantômes.

Cependant, Merton a montré comment on pouvait se débarrasser des fantômes du réseau

hélicoïdal par un dispositif très simple et très ingénieux, dont on voit un modèle sur la figure 4: Prenons une barre de métal poli. Sur une

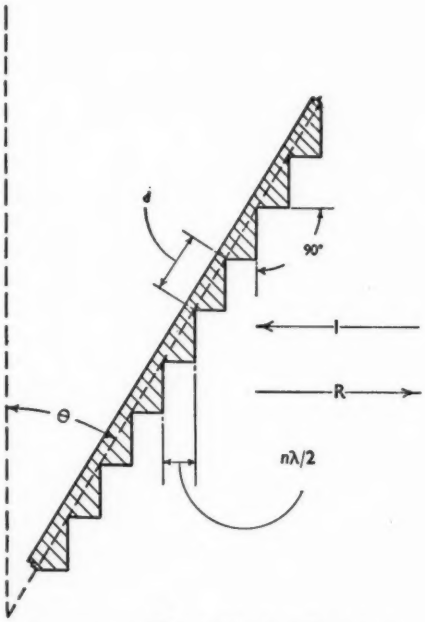


FIGURE 9 – *Effet du* blazing *d'un réseau.*

moitié, nous gravons une hélice fine H, avec le tour à fileter modifié. La barre tourne entre les pointes, et elle est munie d'un écrou N, dont la rotation est interdite par un galet R et une règle à araser; l'écrou se déplace donc le long de l'hélice, et un outil à diamant T, qui en est solidaire, va recopier l'hélice sur l'autre moitié de la barre. L'écrou N, cependant, est muni intérieurement de trois bandes d'une substance élastique, comme la moëlle de sureau. Comme il est fortement appliqué dans les sillons de l'hélice, il s'y adapte parfaitement. Ce dispositif simple permet d'araser les erreurs périodiques, l'écrou dans son ensemble se déplace avec une régularité parfaite, et l'outil en diamant grave une hélice secondaire sans aucune erreur périodique. Un réseau fait à partir de ce pas de vis corrigé donne par conséquent des spectres entièrement dépourvus de fantômes.

On peut montrer que l'écrou de Merton permet d'atteindre ce résultat: on voit sur la figure 8(*a*) les franges moirées; à gauche, ce sont les franges provenant de répliques croisées obtenues à partir d'un pas de vis primaire gravé au tour, et à droite, les franges similaires dérivées du pas de vis secondaire. S'il faut une confirmation supplémentaire, il suffit d'examiner le diagramme interférentiel de Fizeau, sur la figure 8(*b*), obtenu à partir d'une réplique plane exacte des mêmes pas de vis, primaires et secondaires. Il est intéressant de constater que l'écrou de Merton permet d'éliminer à la fois les erreurs périodiques du pas de vis gravé au tour, et les erreurs plus locales de la course. La courbure résiduelle des franges du pas de vis secondaire provient de variations très progressives d'espacement dues à des défauts de la vis-mère du tour; mais c'est là un type de défaut auquel on peut remédier par le dispositif compensateur dont sont en général munis les tours de précision.

Nous n'avons envisagé jusqu'à présent que la localisation précise des rainures d'un réseau à diffraction. Le pouvoir de résolution en dépend au premier chef, mais il y a un autre point souvent tout aussi important, c'est l'efficacité photométrique. Un réseau répartit l'énergie incidente diffractée dans les différents ordres, mais comme un seul à la fois est utilisable, l'énergie diffractée dans les autres est gaspillée. Ce qui n'est pas très grave, quand l'énergie incidente est abondante, le devient dans les études astronomiques, ou dans le domaine infra-rouge, où l'énergie disponible est très faible. Il est heureusement possible d'agir sur la répartition d'énergie dans les différents ordres de diffraction en modifiant la forme des rainures, ce que R. W. Wood a appelé *blazing*. Un réseau plan, utilisé avec le montage classique de Littrow recevant l'énergie incidente dans la direction 1 (figure 9), réfléchira l'énergie de longueur d'onde λ avec le plus d'intensité dans la direction voulue R, si le rayon incident est normal aux surfaces planes parallèles distantes de $n\lambda/2$, ou n est un entier égal à l'ordre de diffraction. Un réseau à rainures à bords plats de ce type présente bien des propriétés essentielles d'un réseau échelon, et s'appelle souvent une «échelette». Cependant, l'espacement est infiniment moindre, les gradins sont bien plus près les uns des autres, et il travaille donc sur un ordre de diffraction notablement plus faible.

Dans ces conditions, la rainure idéale a évidemment une section en dent de scie à bords rectangulaires. L'angle θ des bords de la dent avec la surface moyenne du réseau est lié à l'espacement d, et à l'ordre n sur lequel l'on veut concentrer l'énergie, par la formule $\sin\theta = n\lambda/2d$. Deux facteurs sont à considérer pour tâcher d'approcher ces conditions idéales: l'outil qui sert à graver, et le matériau gravé. L'outil est un cristal de diamant octaédrique, taillé de façon à présenter deux surfaces hautement polies, se coupant à angle droit.

Leur intersection doit se trouver dans la direction où l'arête est le moins susceptible d'abrasion. On ne peut rendre cette arête aiguë autant qu'on le voudrait; elle a un rayon de courbure faible, mais fini. Le fond de chaque rainure sera un peu arrondi, et le rayon de courbure, même dans les gravures les plus fines, demeure une fraction non-négligeable de l'espacement.

En ce qui concerne les réactions du matériau de la pièce, il ne faut pas oublier que le sillon n'est pas gravé comme avec un outil de tour habituel. Il résulte de la pression de l'arête du diamant, qui agit tangentiellement au cylindre. Si la surface est initialement bien lisse et d'une dureté bien uniforme, on peut alors graver un sillon d'une grande régularité. Mais il y a une complication: la matière éliminée du sillon ne s'en va pas comme un copeau, mais s'accumule en talus de chaque côté. Un de ces talus se trouve sur la partie encore non gravée, mais l'autre est renvoyée sur la partie déjà gravée, et risque de modifier la forme de la rainure précédente. En ajustant soigneusement la pression de l'outil, on peut cependant restreindre cette distorsion à une seule paroi de la rainure, tandis que l'autre paroi, inaltérée, joue effectivement le rôle de surface diffractante. On voit sur la figure 6 une partie agrandie d'un tel réseau: (*a*) est une photomicrographie ordinaire, et (*b*) un microdiagramme interférométrique, qui montre que la surface consiste en une série d'escarpements. Avec le montage de Littrow, il y a concentration sur un seul ordre de l'énergie diffractée dans la région spectrale voulue. La production des réseaux échelettes n'est, bien sûr, pas un monopole du procédé Merton-N.P.L., car l'idée et les applications premières, dues à R. W. Wood, remontent à 1913, mais notre expérience personnelle nous a appris que la concentration d'énergie dans une direction est plus facile à réaliser avec le réseau engendré par une hélice qu'avec le modèle traditionnel.

Nos expériences au *National Physical Laboratory* ont eu jusqu'à présent un caractère d'exploration provisoire. Pour simplifier, on a utilisé des cylindres de 25 mm de diamètre, permettant de réaliser des réseaux plans de 75 mm de long. Même ces réseaux expérimentaux ont déjà rendu de grands services en spectroscopie infra-rouge, où ils surpassent les coûteux prismes de fluorure de calcium et de lithium des spectromètres conventionnels. C'est le tour destiné à graver l'hélice primaire qui a laissé le plus à désirer jusqu'à présent, mais on l'a remplacé maintenant par un autre spécialement construit. Le nouveau tour (figure 7) a été réalisé en suivant des normes très sévères. Il produira des hélices qui totaliseront jusqu'à 12 000 tours au centimètre sur des cylindres dont le diamètre pourra atteindre 10 cm. Notre but final est donc la réalisation de réseaux plans de précision avec une surface gravée d'un dixième de mètre carré. Il reste à voir si nous y arriverons jamais, mais, en cas de succès, nous aurons infiniment dépassé la méthode de va et vient qui a fourni des réseaux au monde pendant plus de soixante-dix ans.

Cet article est publié avec l'autorisation du Directeur du *National Physical Laboratory*.

BIBLIOGRAPHIE

[1] DEW, G. D., et SAYCE, L. A. *Proc. roy. Soc.* A, **207**, 278, 1951.
DEW, G. D. *J. sci. Instrum.*, **29**, 277, 1952.

Revue des livres

ASTRONOMIE

LYTTLETON, R. A.: *The Comets and their Origin.* Pp. x + 173, avec des planches et des figures. Cambridge University Press, Londres. 1953. 25s.

L'origine des comètes est depuis toujours un rébus astronomique. On n'a aucun exemple de comètes ayant pénétré dans le système solaire de l'extérieur, mais on sait que les perturbations planétaires les dévient fréquemment de leur cours au point qu'elles s'échappent du système pour n'y plus revenir. De temps en temps, on observe des comètes en voie de désintégration.

Ce volume résume nos connaissances actuelles sur leurs propriétés dynamiques et physiques. Le problème de leur origine et de leur formation est ensuite abordé. L'auteur suppose que le Soleil se déplace dans un des nuages de poussière galactique et que son attraction par les lois de la gravitation sur les particules de poussière cause un accroissement de matière. Dans des conditions favorables, il en résulte des agglomérations de particules se déplaçant en orbites presque paraboliques autour du Soleil, lesquelles deviendraient éventuellement des comètes. Le phénomène étant continu, de nouvelles comètes se forment sans interruption.

La théorie est ingénieuse et plausible. Elle repose toutefois sur un concours de circonstances idéales et quelque peu spéciales, probablement assez différentes de la réalité. Plusieurs autres théories sur la nature et l'origine des comètes ont vu le jour ces dernières années. M. Lyttleton a cherché surtout à exposer ses propres idées, mais une revue critique de celles-ci aurait ajouté à la valeur du livre.

H. SPENCER JONES

BIOCHIMIE

DICKENS, Frank, publié par: *Some Aspects of Enzyme Research.* British Medical Bulletin, **9** (2), 1953. The British Council, Londres. 15s.

Ce livre fait dignement suite au volume commémoratif Gowland Hopkins de 1948 qui étudiait les directions nouvelles de la biochimie. Le domaine de la recherche sur les enzymes est maintenant si vaste et se développe si rapidement qu'une revue complète et de valeur telle que celle-ci rendra grand service à tous ceux qui s'intéressent directement et indirectement à la chimie des enzymes. Il ne faut pas oublier toutefois que les travaux modernes reposent entièrement sur les fondements établis par les premiers chercheurs et il est très satisfaisant de voir que l'aspect historique n'a pas été négligé.

Le choix des sujets est très vaste, avec des questions aussi diverses que la combinaison oxydase-pyruvate (Sir Rudolph Peters), les enzymes adaptives (Sir Cyril Hinshelwood), la β-glucuronidase et enzymes apparentées (G. A. Levvy), les décarboxylases des acides aminés (E. F. Gale), les cholinestérases (R. H. S. Thompson) et l'action des drogues sur les enzymes en combinaison (J. H. Quastel). H. A. Krebs a apporté une revue intéressante des progrès réalisés ces dix dernières années dans l'étude des changements d'énergie chez les organismes vivants.

Ces diverses contributions ont un intérêt académique exceptionnel et, en outre, des possibilités pratiques de la plus grande importance, annonçant le jour où l'application de «la chimie et de la biochimie aux enzymes sera assez puissante pour établir une thérapeutique basée sur la connaissance logique de la biochimie cellulaire et transformer ainsi la pathologie actuelle».

De nos jours, où le temps qu'il faut pour lire la littérature originale scientifique tend à gêner les recherches, des revues critiques faisant autorité telles que celles-ci sont de plus en plus nécessaires. L'éditeur et ses collaborateurs ont fait ici œuvre utile pour tous les biochimistes.

TREVOR I. WILLIAMS

SEXTON, W. A.: *Chemical Constitution and Biological Activity.* Pp. XXIII + 424. E. and F. N. Spon Limited, Londres. Deuxième édition. 1953. 60s.

La première édition de ce livre (1949) reçut un rapport favorable dans notre numéro **9**, p. 158 de 1950, mais le sujet se développe si rapidement qu'une nouvelle édition augmentée sera la bienvenue même après un intervalle de quatre ans seulement. L'ouvrage est si connu des biochimistes qu'il n'est pas nécessaire d'en faire l'éloge une seconde fois. Bornons-nous à signaler les modifications apportées au premier volume. L'ouvrage tient compte maintenant de travaux publiés jusqu'à la fin de 1951, avec quelques additions concernant des études parues lorsqu'il était sous presse. Les changements principaux portent sur la biochimie des purines et des ptérines, le mécanisme de la transméthylation, les nouveaux produits anti-paludéens, les antibiotiques de source naturelle, les insecticides organophosphoriques et les facteurs régulateurs du cancer et de la croissance végétale. Le style clair et agréable de l'auteur rend cette étude d'un sujet essentiellement captivant encore plus attachante.

BIOLOGIE

HENDERSON, I. F. et HENDERSON, W. D.: Cinquième édition de J. H. KENNETH. *A Dictionary of Scientific Terms: Pronunciation, derivation, and definition of terms in Biology, Botany, Zoology, Anatomy, Cytology, Genetics, Embryology, Physiology.* Pp. XVI + 506. Oliver and Boyd Limited, Edimbourg. 1953. 32s.

Un problème particulièrement délicat confronte le lexicographe composant un dictionnaire spécialisé: celui d'omettre et non celui d'inclure. Il faut faire preuve de discernement et de fermeté, tout en sachant qu'il est impossible de satisfaire tout le monde. Cette édition, la cinquième depuis 1920, démontre éloquemment la valeur du dictionnaire pendant plus d'une génération. Préparée par J. H. Kenneth, elle renferme la définition, prononciation et étymologie de plus de 13 500 termes, sans contenir d'omissions importantes. On remarque toutefois l'absence de la cybernétique et de la chromatographie.

Pour les prononciations, l'auteur n'a pas employé les symboles de l'Association Internationale de Phonétique, mais elles sont suffisamment précises pour les besoins courants et ne soulèveront pas de critique. L'origine des mots est brièvement expliquée et les termes grecs et russes cités sont transcrits en caractères phonétiques. Dans certains cas la transcription représente davantage la prononciation que l'orthographe du mot grec original. La présentation et l'impression sont d'une clarté remarquable; le papier et la reliure sont de bonne qualité et le volume est dans l'ensemble un excellent échantillon de l'industrie du livre. Le prix est des plus raisonnables.

SRB, A. M. et OWEN, R. D.: *General Genetics.* Pp. x + 561, avec des illustrations en demi-teintes et des figures.

W. H. Freeman and Company, San Francisco; Bailey Bros. and Swinfen Limited, Londres. 1952. 47s.

Les auteurs se sont fixé la tâche de présenter non seulement les principes de la génétique mais les rapports de cette science avec les autres branches de la biologie. En gros, les treize premiers chapitres exposent les principes fondamentaux et les onze suivants l'aspect génétique de questions aussi diverses que la sexualité et la détermination sexuelle, la biochimie cellulaire, le développement, les études de peuplement, l'évolution, le progrès végétal et animal et l'eugénisme. Ces derniers chapitres étudient également certains points de génétique plus poussés, spécialement la génétique de variation continue (appelée ici héritage quantitatif) et les effets de la consanguinité et de la sélection.

La première partie du livre est d'un niveau élevé, sauf en ce qui concerne le comportement des chromosomes qui est simplement décrit au lieu d'être analysé et qui aurait pu être mieux illustré. La valeur des chapitres suivants est plus contestable. La plupart présentent avec compétence les questions étudiées et certains sont même excellents comme celui traitant de biochimie cellulaire; ils rendraient service à un public plus vaste que celui auquel ils s'adressent. D'autres, par contre, sont moins satisfaisants. L'exposé de la variation continue et des aspects génétiques du développement ne donneront guère à l'étudiant une idée du succès rencontré récemment par la génétique dans l'explication de ces phénomènes.

Bien qu'il faille user de prudence envers certaines parties du livre, les professeurs guidant les études de leurs élèves le trouveront très utile. Les courts résumés de points et d'implications essentiels en fin de chapitres et les listes de problèmes et d'ouvrages à consulter augmentent encore sa valeur. Toutes les sections où l'on enseigne la génétique feront bien de se le procurer.

K. MATHER

CHIMIE

HURD, D. T.: *An Introduction to the Chemistry of the Hydrides*. Pp. x + 231. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 44s.

Les hydrures sont des corps d'importance technique croissante et d'intérêt académique considérable. Il est donc surprenant que la première monographie sur le sujet vienne seulement de paraître.

Dans la préface, l'auteur qui a l'avantage d'une expérience poussée des deux aspects de la question, exprime l'intention de faire un exposé critique et coordonné de la théorie, des propriétés et des réactions des hydrures. Les hydrures familiers et fréquemment étudiés, tels que l'eau et l'ammoniaque, ne sont traités qu'autant qu'il est nécessaire pour les relier aux corps moins connus. On a néanmoins l'impression que l'auteur a sacrifié beaucoup pour condenser l'ouvrage en deux cents trente pages. Il en résulte que le livre est trop superficiel pour les lecteurs déjà initiés au sujet et trop avancé pour ceux qui n'ont pas cette spécialisation.

Les chapitres sur les concepts théoriques simples ayant trait aux diverses catégories de liaisons chimiques et sur la nature des acides et des bases ne semblent pas indispensables. On préférerait une étude plus détaillée de certains hydrures ou la discussion de questions théoriques moins connues mais tout aussi utiles, telles que l'origine et la nature des composés non-stœchiométriques. Les détails physico-chimiques sont peu abondants et une seule page est consacrée à la combinaison pourtant bien étudiée palladium-hydrogène.

La description systématique des hydrures suit la classification usuelle: ioniques, covalents et hydrures des éléments de transition. Les deux premières catégories sont subdivisées pour plus de commodité d'après la table périodique; certains hydrures peu connus, comme ceux du zinc et du cuivre sont réunis en un seul chapitre final. L'étude de chacun est suivie d'une brève série de notes et l'ouvrage se termine par un chapitre sur les nomenclatures et cinq suppléments. Trois d'entre eux — sur les deutérures, la toxicologie des hydrures et la manipulation dans le vide des composés volatils — auraient pu être omis, car ils sont trop courts pour être utiles. Les chapitres descriptifs renferment quelques petites inexactitudes et contradictions. Le livre comprend plusieurs applications intéressantes d'importance industrielle reconnue ou possible, dont certaines n'ont pas encore dépassé le stade du brevet.

L'interprétation de la documentation expérimentale est moins satisfaisante comme on le remarque particulièrement dans le chapitre sur les hydrures des éléments de transition où les différents stades des systèmes métal-hydrogène sont mal définis. La présentation, avec un index suffisant de noms d'auteurs et une bonne table des matières, est satisfaisante. Les fautes d'impression sont minimes.

A. G. MADDOCK

SCHILDKNECHT, Calvin E.: *Vinyl and Related Polymers*. Pp. x + 723. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 100s.

Ce livre est du niveau élevé attendu chez un auteur ayant le don peu commun d'allier l'érudition et l'exactitude du manuel avec la facilité d'un ouvrage moins spécialisé. On note aussi avec plaisir l'importance accordée aux travaux européens sur la question — fait assez rare chez une œuvre d'Outre-Atlantique.

L'auteur ne débute pas par l'exposé abstrait des principes fondamentaux des polymères, mais par le styrolène, corps qui a été l'objet de plus de travaux qu'aucun autre polymère et sur une telle échelle qu'il constitue un véritable manuel sur la question que le lecteur assimile sans s'en apercevoir, sous le couvert des applications pratiques du styrolène. Le livre traite ensuite, chapitre par chapitre, des aspects chimique, physique et technologique, des avantages et des inconvénients de chaque groupe de polymères vinyliques, y compris les caoutchoucs synthétiques et les groupes moins importants comme celui du N-vinyl pyrrolidone utilisé à la place du sang. Dans la mesure où nous avons pu juger, le volume tient compte des tout derniers développements. La seule critique qu'on puisse lui adresser, d'ailleurs sans importance, est l'absence d'index des noms. Espérons que la seconde édition réparera cette omission.

W. J. S. NAUNTON

HISTOIRE DE LA SCIENCE

MCKIE, Douglas: *Antoine Lavoisier: Scientist, Economist, Social Reformer*. Pp. VIII + 335. Constable and Company Limited, Londres. 1952. 30s.

Les chimistes et tous ceux qui s'intéressent à l'histoire du dix-huitième siècle attendent depuis longtemps un exposé complet et de valeur sur la vie et l'œuvre de Lavoisier. Une des raisons de ce retard est l'existence du livre de Grimaux qui, depuis sa parution à Paris en 1888, découragea les historiens, ce qui prouve une fois de

plus que le bien est l'ennemi du mieux. Mais petit à petit, la curiosité s'éveilla et le besoin de recherches plus poussées se fit sentir. L'ampleur de la tâche dut faire hésiter bon nombre de savants car, dans sa courte vie, Lavoisier écrivit lui-même l'équivalent de six gros in-quarto et il existe une volumineuse littérature contemporaine et ultérieure le concernant. Il fallait un certain courage pour entreprendre l'étude minutieuse de tous ces documents et nous sommes reconnaissants au Dr. McKie, dont les travaux érudits d'histoire scientifique sont justement estimés, de s'en être chargé et de l'avoir menée à bien si remarquablement.

Les découvertes de Lavoisier sont naturellement bien connues, aussi les chapitres de chimie contiennent-ils peu de faits nouveaux; les jugements critiques de l'auteur retiendront davantage l'attention des chimistes. Sur la controverse de l'eau, qui se ranime de temps à autre, il est catégorique: Watts n'avait que des idées vagues sur la question et n'a aucun titre à la découverte de la composition de ce corps. Cavendish, qui obtint de l'eau en faisant exploser un mélange d'hydrogène («air inflammable») et d'oxygène («air déphlogistiqué»), croyait qu'elle était déjà présente dans les deux gaz. Lavoisier déclara que l'eau était un composé des deux et confirma son opinion en la décomposant en ses deux constituants. C'est donc à lui que revient l'honneur de la découverte.

La place de Lavoisier comme fondateur de la chimie moderne est incontestée, mais sa vie publique en tant que réformateur social et économiste libéral est moins connue. On trouve un exposé très complet et intéressant de cet aspect de sa carrière, habilement replacé dans le cadre politique français. Signalons enfin la reproduction du portrait récemment découvert du grand chimiste, peint par un artiste inconnu vers 1778–9. E. J. HOLMYARD

SARTON, George: *A History of Science: Ancient Science through the Golden Age of Greece*. Pp. XXVI + 646. Harvard University Press, Cambridge, Mass.; Geoffrey Cumberlege, Londres. 1953. 63s.

SARTON, George: *A Guide to the History of Science: A First Guide for the Study of the History of Science with Introductory Essays on Science and Tradition*. Pp. XVIII + 316. Chronica Botanica Company, Waltham, Mass. 1952. 60s.

Les douze derniers mois ont vu la parution de deux nouveaux volumes, qui s'imposent tous deux à l'attention du monde savant. Le *Guide to the History of Science* est précédé d'essais sur la science et la tradition exposant le point de vue général de l'auteur. Le reste du livre est bibliographique au sens le plus large du mot. Il offre non seulement une liste très soigneusement faite et disposée d'ouvrages à consulter, mais en fait l'estimation, de sorte qu'aucun volume n'est inutilement cité. On y trouve de plus des sections importantes sur les institutions, congrès et autres organisations qui s'occupent de l'histoire de la science et de ses rapports avec les humanités.

Il est difficile de rendre justice en quelques mots à la plus ambitieuse des entreprises de M. Sarton, la *History of Science* dont le premier de huit volumes vient seulement de paraître. On verra mieux sa nature à mesure que les résultats se cristalliseront. L'œuvre cherchera toujours à dépeindre le développement de l'esprit humain dans son cadre naturel. «L'esprit», dit-il, «est toujours influencé par le milieu, mais son originalité et son intégrité lui sont propres». Les idées ne sont jamais complètement indépendantes et originales — c'est impossible puisque l'homme, de tous les autres êtres, est le plus fondamentalement social — car les idées «se tiennent ensemble et forment les chaînes que nous appelons traditions». L'essence du message de Sarton est peut-être que la science est, tout autant que les autres grandes activités de l'esprit, plus une tradition en elle-même que liée par la tradition et il l'étudie avec une finesse et une habileté exceptionnelles. Cette tradition fournit non seulement un point de vue sur le monde mais un code moral exprimé par l'attitude de l'observateur envers les phénomènes étudiés. La science est pour lui une vocation qui doit affecter tout aspect de la vie et toute façon d'envisager la vie.

Ce premier volume est divisé en trois parties, la première traitant des origines grecques et orientales, la seconde des découvertes grecques du cinquième siècle av. J.C. et la troisième de celles du quatrième siècle av. J.C. Des trois, la première où l'hypothèse tient une plus grande place sera peut-être plus éphémère que les autres, car les connaissances sur cette période augmentent très rapidement. Les matériaux qu'elle offre sont pour cette raison moins adaptables au génie constructif et synthétique de l'auteur. La seconde et, surtout, la troisième partie sont plus typiques de l'homme.

CHARLES SINGER

MÉDECINE PRIMITIVE

UNDERWOOD, E. Ashworth, Introduction de: *Catalogue of an Exhibition illustrating the Medicine of the Aboriginal Peoples in the British Commonwealth*. Pp. XVIII + 58. Oxford University Press, Londres. 1952. 3s. 6d.

Les savants oublient souvent la répugnance humaine à se défaire d'anciens modes de pensée, même lorsque s'en forment de nouveaux. La mythologie et sa sœur la magie persistent au fond de chacun de nous, car l'esprit n'est pas fait d'intelligence seule et c'est cette qualité appelée imagination qui est unique à concevoir les problèmes que résoudra l'intelligence. Ne soyons donc pas trop dédaigneux de l'élément magique de la médecine sauvage et barbare. En tant que directeur du *Wellcome Historical Medical Museum*, M. Underwood a sous sa garde une immense collection illustrant les croyances et pratiques primitives. Ce catalogue très bien illustré en détaille quelque six cents objets. Un système de classification satisfaisant de la médecine primitive est presque impossible, car la raison n'y entre à peu près pas et elle se distingue souvent mal du domaine de la vie courante. Quelques titres du catalogue donnent toutefois une idée d'ensemble de la nature de l'exposition. Citons pictographie, anatomie, génies de la maladie, violation du tabou, culte du dieu de la petite vérole, le médecin et son outillage, chirurgie, malformations corporelles, drogues, poisons, dispositifs de protection, hygiène personnelle. Les questions les mieux illustrées sont la trépanation, la saignée, l'extraction des corps étrangers, les malformations, le tatouage, l'accouchement et les amulettes. L'exposition et son catalogue mériteront largement l'attention des anthropologistes, des ethnologues et de tous ceux qui s'intéressent à la psychologie des peuples primitifs. C. SINGER

PHARMACIE

The British Pharmacopoeia 1953. Pp. XXIV + 894. Publié pour le compte du General Medical Council par la Pharmaceutical Press, Londres. 1953. 50s.

The Extra Pharmacopoeia (*Martindale*), *Vol.* I (23e édition). Pp. XXII + 1352. The Pharmaceutical Press, Londres. 1952. 55s.

Le *General Medical Council* est depuis 1858 responsable de la publication de la Pharmacopée britannique dont cette édition, la huitième, a pris effet depuis le 1er Septembre 1953. L'ouvrage paraît maintenant tous les cinq ans et des suppléments sont publiés dans l'intervalle, ce qui prouve assez l'essor remarquable de la médecine et des méthodes chimiques et biologiques. La place manque pour analyser le volume en détail; disons simplement qu'il suit dans l'ensemble les grandes lignes du précédent et qu'on note quelques changements dont le principal, plus important par ses implications que par ses conséquences pratiques est l'abandon du latin pour les grands titres de monographies. Bien que ce dût arriver tôt ou tard, beaucoup regretteront le changement. Combien plus sonore et frappante, par exemple, est l'appellation *unguentum emulsificans aquosum* que *simple cream*. Les titres latins sont relégués au second plan dans les monographies réimprimées de l'édition de 1948 et omis complètement dans les nouvelles. Point intéressant: l'importance croissante accordée à la biologie; les produits étudiés comprennent maintenant le vaccin B.C.G., l'antitoxine de la scarlatine et la toxine de la réaction de Dick. L'essai de la vitamine D donne une méthode biologique seulement, tandis que la vitamine A doit être dosée spectrophotométriquement et non biologiquement. Parmi les corps d'intérêt scientifique général traités, citons le diméthylphtalate, l'acide folique, l'hexachlorure de gamma-benzène et le testostérone. Une autre nouveauté: l'étude du catgut chirurgical stérilisé. Les monographies venant du supplément de 1951 comprennent le chlorhydrate de proguanil (Paludrine), le propylthiouracil et l'hydrochlorure de streptomycine.

L'*Extra Pharmacopoeia* fut publiée pour la première fois par Martindale en 1883 pour compléter à l'intention des praticiens la première Pharmacopée britannique parue seize ans plus tôt. Dans les soixante-dix ans qui suivirent elle a quadruplé de taille et a acquis totale indépendance, informant avec une ampleur exceptionnelle sur tous les progrès pharmacologiques et médicaux réalisés dans le monde entier. Tant de matériaux se sont accumulés depuis la dernière édition, parue il y a onze ans, qu'il a fallu employer des caractères plus serrés afin de réduire le volume; même ainsi on ne reconnaît plus le petit livre de poche de Martindale. Parmi les apports essentiellement nouveaux, citons les sections, occupant presque un huitième de l'ensemble, sur les antibiotiques, les antihistaminiques, les hormones de l'enveloppe des capsules surrénales et les décontracteurs musculaires du genre curare. A titre historique, signalons l'incorporation du *Squire's Companion* dans la Pharmacopée britannique, journal dont le copyright fut acquis par la Société pharmaceutique de Grande-Bretagne en 1948. L'ouvrage constitue une mine d'information remarquable, facile à consulter grâce à un index très complet.

TREVOR I. WILLIAMS

PHILOSOPHIE

VARTANIAN, Aram: *Diderot and Descartes: a study of Scientific Naturalism in the Enlightenment*. Pp. 336. Princeton University Press, Princeton, New Jersey; Geoffrey Cumberlege, Londres. 1953. 40s.

Ce livre a pour but de montrer comment la philosophie cartésienne, tout en devant son origine à la métaphysique spiritualiste, engendra les doctrines matérialistes des Encyclopédistes français du 18e siècle. La cause profonde en est le changement apporté par Descartes aux rapports de la théologie et de la physique. Ses prédécesseurs avaient déduit l'existence de Dieu de l'étude de la nature et de la causalité du monde extérieur; Descartes, lui, revint à la «preuve ontologique» qui ne tenait aucun compte de l'expérience des sens, se basant au contraire uniquement sur les conséquences théologiques de certaines idées innées. Comme résultat important de ce système métaphysique, le domaine de la physique perdait toute relation fondamentale avec celui de la théologie ou de la religion. De plus, contrairement à la physique corpusculaire d'Epicure et de Démocrite, le concept de hasard n'y intervenait pas: c'était véritablement, du moins sous la forme présentée par Fontenelle, un matérialisme «scientifique». Tous les phénomènes étaient ramenés aux postulats fondamentaux de la matière et de ses mouvements nécessaires qui devenaient ainsi le point de départ de la physique, sans autre relation avec une cause extérieure et surnaturelle. L'ouvrage a quelques longueurs, mais il est clair et intéressant.

EDMUND WHITTAKER

SCIENCE GÉNÉRALE

VON FOERSTER, Heinz, publié par: *Cybernetics*. Pp. 240. Josiah Macy Jr. Foundation, Caldwell, N.J. 1952. $4.

La difficulté croissante de communiquer les découvertes d'une branche de la science aux spécialistes d'une autre ou aux profanes a conduit récemment à rechercher les moyens de rompre les barrières entre les divers compartiments du savoir. Une des méthodes consiste à rapprocher les hommes s'occupant de la théorie scientifique, des propriétés de l'esprit humain et du comportement de l'homme et des animaux et de les encourager à se prononcer sur cette question. Les résultats et les moyens d'une telle communication reçurent en 1949 le nom de cybernétique et le compte-rendu des activités de la 8e Conférence a maintenant paru.

Au cours de cette réunion, 20 spécialistes, des sciences sociales, pour la plupart, étudièrent six dissertations ayant certains rapports avec cette question. Le compte-rendu est, semble-t-il, presque textuel. Les questions sans réponse, les interruptions passées sous silence, les désaccords et les doutes s'y trouvent tels quels. Les éditeurs ont donc bien réalisé une œuvre qui sort de l'ordinaire, mais sans éviter tout à fait, quoiqu'ils disent, de tomber dans «le chaos». Les discussions révèlent un problème physique et biologique en voie d'être reconnu par les savants sociaux, fait qui tend à gêner toute appréciation scientifique.

La préface déclare qu'un système social équilibré s'est montré «impossible . . . à analyser jusqu'à ce qu'on ait remplacé la notion simple, et à une dimension, d'enchaînements de cause à effet par celle, à deux dimensions, d'un phénomène circulaire». Cette opinion originale et résolument fondamentale est-elle juste? Un phénomène circulaire a-t-il deux dimensions et les enchaînements de cause à effet de la génétique en ont-ils une seule? Les rapports de l'individu et de la communauté sont à la source de toute communication. C'est une relation génétique, mais a-t-elle cette simplicité?

Ces questions ne furent pas posées à la conférence et il ne semble pas probable que la cybernétique, sous la direction actuelle, s'attaque à des problèmes aussi délicats car, dans ce volume, sous leur nouvelle et agréable dénomination, les sciences sociales dont on paraissait avoir épuisé toutes les possibilités reçoivent un regain de vie.

C. D. DARLINGTON

ROMANOVSKY, V., FRANCIS-BŒUF, C. et BOURCART, J., publié sous la direction de: *La Mer*. Pp. 503, avec de nombreuses illustrations. Librairie Larousse,

Paris. 1953. Fr. 5200 (reliure «éditeur»), fr. 7150 (reliure «amateur»).

Bien que cet ouvrage ne soit pas strictement scientifique avec ses chapitres sur des questions aussi générales que les légendes de la mer, l'étude des bateaux et des ports, la navigation à voile, la plongée et les sous-marins, il intéressera cependant beaucoup le lecteur scientifique moyen par l'accent qu'il met sur l'océanographie et la biologie marine. Certains chapitres sont consacrés, par exemple, aux propriétés et à l'utilisation industrielle de l'eau de mer, au mouvement des vagues, marées et courants océaniques, à la vie marine animale et végétale, aux dépôts sur le lit des mers, aux cartes marines de tous genres et à l'érosion côtière. Tous ces points sont très clairement étudiés et abondamment illustrés dans la meilleure tradition Larousse. Ce livre des plus intéressants renferme une mine d'informations sur les questions maritimes de tous ordres et mérite de circuler largement.

TREVOR I. WILLIAMS

THERMODYNAMIQUE

ROCARD, Y.: *Thermodynamique*. Pp. 551, avec des diagrammes linéaires. Masson et Cie, Paris. 1952. Broché, fr. 3650; cartonné, fr. 4150.

Ce livre fait un exposé complet de la thermodynamique et débute par une étude des lois fondamentales. Il traite ensuite des propriétés des systèmes physiques et chimiques dont la thermodynamique fait un diagnostic sûr puis fait une revue à jour de ses applications dans l'art de l'ingénieur; il y est question des turbines et de la propulsion à réaction. Viennent ensuite des pages sur la radiation, la théorie cinétique, la mécanique statistique (statistique quantique comprise) et les processus irréversibles.

Tout au long, sont étudiés des phénomènes d'intérêt actuel, comme par exemple ceux d'ordre-désordre dans les alliages et d'équilibre à phases dans les systèmes binaires. Par contre, l'exposé de certains points classiques ne tient pas compte des derniers développements. La théorie Debye est présentée comme étant le dernier mot sur la question des chaleurs spécifiques des solides et l'on cherche en vain mention de la théorie réticulaire sur le même sujet et des défauts évidents qu'elle révèle dans la précédente. L'étude du théorème de Nernst sur la chaleur passe sous silence les phénomènes spécifiques des basses températures: la transition du solide au liquide dans l'hélium, la transition d'un superconducteur dans un champ magnétique et la démagnétisation adiabatique. Comme ces phénomènes fournissent la preuve la plus remarquable et la plus convaincante de la valeur de ce théorème, il est malheureux qu'ils ne soient même pas cités.

Pour les lecteurs déjà initiés à la thermodynamique, le livre sera des plus intéressants et stimulants.

A. R. MILLER

ZOOLOGIE

ROTHSCHILD, Miriam et CLAY, Theresa: *Fleas, Flukes, and Cuckoos, A Study of Bird Parasites*. Pp. XIV + 304, avec de nombreuses illustrations et quatre cartes. Collins, Londres. 1952. 21s.

Il est impossible de rendre justice en quelques lignes à un ouvrage qui, en dépit de son manque d'illustrations en couleurs, occupera une place de choix dans la série dont il fait partie. En fait, peu de lecteurs regretteront l'absence de planches coloriées, car pour être de réelle valeur elles doivent être exceptionnellement bonnes et le coût d'illustrations d'animaux en couleurs bien faites est devenu si élevé qu'il est douteux qu'elles en vaillent toujours la peine. Elles n'ajouteraient certes pas grand'chose à un livre traitant avant tout des parasites des oiseaux.

La partie 1 du volume étudie la nature des parasites ainsi que leur origine et leur évolution, leur influence sur les hôtes et les conséquences du parasitisme pour les parasites. La partie 2 est consacrée aux puces et poux des oiseaux et la partie 3 aux autres parasites, tels que protozoaires, vers, insectes (autres que poux) et micro-parasites, avec certains chapitres sur la faune des nids d'oiseaux, les stercoraires et le coucou d'Europe. Le supplément contient une bibliographie utile à tous ceux désirant se documenter sur un des points ou opinions avancés. Les index de noms communs et techniques et de noms scientifiques d'oiseaux cités dans le texte ajoutent à la valeur de cet exposé intéressant et original d'une question captivante.

On ignore encore pourquoi la simple idée d'un parasite répugne à tant de gens; les intéressés feront bien de lire cet ouvrage dont les belles photographies et le style vivant dénotent tout au long la vaste expérience, le savoir profond et le dévouement à la science des auteurs, sans compter leur aptitude à faire rentrer leurs connaissances dans le cadre de la vie et à se défaire des préjugés. Tous les amis des oiseaux voudront lire ce livre et les naturalistes de tous les pays l'accueilleront avec plaisir.

G. LAPAGE

PORTMANN, Adolf: *Animal Forms and Patterns*. Traduit par Hella Czech, illustré par Sabine Baur. Pp. 246, avec des figures. Faber and Faber Limited, Londres. 1952. 25s.

Le Dr. Portmann étudie ici la forme, les couleurs et leur agencement chez les animaux. Il ne nie pas l'importance des méthodes de recherche actuelles avec leur insistance sur les caractères microscopiques ou ultramicroscopiques, mais il lui semble qu'on gagnerait à observer de plus près les traits visibles à l'œil nu. Il montre comment les dessins compliqués résultent de la combinaison d'éléments individuels suivant une évolution séparée comme c'est le cas pour les plumes de la queue du paon ou les écailles de l'aile du papillon.

On n'ignore pas que certaines études biologiques sont étouffées par les détails et une œuvre ayant un point de vue plus large sera la bienvenue. Les descriptions de formes et de dessins animaux sont intéressantes, mais les tentatives d'interprétation sont plus discutables. L'auteur est très apte à se perdre dans des considérations philosophiques vagues exprimées dans un langage peu précis qui égarent souvent le lecteur sur ses intentions. En particulier, l'opinion ou l'hypothèse rencontrée fréquemment dans l'ouvrage selon laquelle chaque modèle a une fin spécifique conduit à des suppositions gratuites s'accordant mal avec les notions généralement acceptées sur la sélection naturelle et son influence sur le produit de la mutation génétique ou des recombinaisons au cours de l'évolution.

Le livre est illustré de nombreux dessins attrayants et bien exécutés.

L. HARRISON MATTHEWS

Livres reçus

(*Note.* La mention à cette page n'exclut pas la possibilité de revue ultérieure.)

BIOLOGIE

BUCHNER, Paul: *Endosymbiose der Tiere mit pflanzlichen Mikroorganismen.* Pp.772. Verlag Birkhäuser, Bâle. 1953. Cartonné, fr. suisses 62,40; broché, fr. suisses 66,50.

HERSKOWITZ, Irwin H.: *Bibliography on the Genetics of Drosophila*, Partie II. Pp. 212. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough. 1953. 21s.

Symposium on Chromosome Breakage, tenu à la John Innes Horticultural Institution, 9–11 juin, 1952. Pp. 315. Oliver and Boyd Limited, Londres. 1953. 45s.

BOTANIQUE

CRANWELL, Lucy M.: *New Zealand Pollen Studies; Monocotyledons.* Pp. 91. Edité par Harvard University Press pour Auckland Institute and Museum, Nouvelle Zélande. 1953. Cartonné, 20s.; broché, 30s.

CROCKER, William et BARTON, Lela V.: *Physiology of Seeds.* Pp. 267. Chronica Botanica Company, Waltham, Mass.; Wm. Dawson and Sons Limited, Londres. 1953. $6,50.

INGOLD, C. T.: *Dispersal in Fungi* (La dispersion chez les champignons). Pp. 197. Oxford University Press, Londres. 1953. 18s.

KÜHNER, Robert et ROMAGNESI, Henri: *Flore Analytique des Champignons Supérieurs* (*Agarics, Bolets, Chanterelles*). Pp. 558. Masson et Cie, Paris. 1953. Cartonné, fr. 7010; broché, fr. 7970.

CHIMIE

AUDRIETH, L. F. et KLEINBERG, J.: *Non-Aqueous Solvents.* Pp. 284. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 54s.

HILLEBRAND, W. F. et LUNDELL, G. E. F.: *Applied Inorganic Analysis.* Deuxième édition, revisée par Lundell, G. E. F., Bright, H.A. et Hoffmann, J. I. Pp. 1034. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 120s.

JACOBSON, C. A. (publié sous la direction de): *Encyclopedia of Chemical Reactions*, Vol. V. Pp. 787. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 120s.

KETELAAR, J. A. A.: *Chemical Constitution.* Pp. 398. Elsevier Publishing Company, Amsterdam; Cleaver-Hume Press Limited, Londres. 1953. 40s.

KOLTHOFF, I. M. et SANDELL, E. B.: *Textbook of Quantitative Inorganic Analysis.* Pp. 759. The Macmillan Company, New York. 1953. $5.

RODD, E. H. *Chemistry of Carbon Compounds.* Vol. II, Partie A. *Alicyclic Compounds.* Pp. 487. Elsevier Publishing Company, Amsterdam; Cleaver-Hume Press Limited, Londres. 1953. 84s.

WAGNER, R. B. et ZOOK, H. D.: *Synthetic Organic Chemistry.* Pp. 887. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 92s.

WILD, F.: *Estimation of Organic Compounds.* Pp. 239. Cambridge University Press, Londres. 1953. 25s.

MÉDECINE

DOERR, R. L.: *Las investigaciones so re inmunidad.* Pp. 1170 en tout; en cinq volumes achetables séparément. Revista de Occidente, Madrid. 1952–3. Les cinq volumes 270 pesetas.

GREY WALTER, W.: *The Living Brain* (Le cerveau vivant). Pp. 216. Gerald Duckworth and Company Limited, Londres. 1953. 15s.

The Harvey Lectures 1951–1952. Série XLVII. Pp. 271. Academic Press Inc., New York; Academic Books Limited, Londres. 1953. 60s.

WILLIAMS, R. T. (publié sous la direction de): *Immunochemistry: A Symposium held at the London School of Hygiene and Tropical Medicine on 15th November* 1952. Pp. 94. Cambridge University Press, Londres. 1953. 12s. 6d.

PHYSIQUE

BARER, R.: *Lecture Notes on the Use of the Microscope.* Pp. 76. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 1953. 6s.

DE BARR, A. E.: *The Magnetic Circuit.* Pp. 63. The Institute of Physics, Londres. 1953. 5s.

DE BARR, A. E.: *Soft Magnetic Materials used in Industry.* Pp. 62. The Institute of Physics, Londres. 1953. 5s.

BERNARD, G. P.: *Modern Mass Spectrometry.* Pp. 326. The Institute of Physics, Londres. 1953. 50s.

BRADFORD, John R. (publié par): *Radioisotopes in Industry.* Pp. 309. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 64s.

COTTRELL, A. H.: *Dislocations and Plastic Flow in Crystals.* Pp. 223. Oxford University Press, Londres. 1953. 25s.

CURRAN, S. C.: *Luminescence and the Scintillation Counter.* Pp. 219. Butterworths Scientific Publications, Londres. 1953. 32s. 6d.

GAYDON, A. G. et WOLFHARD, H. G.: *Flames: Their Structure, Radiation and Temperature.* Pp. 340. Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 55s.

HALL, J. A.: *Fundamentals of Thermometry.* Pp. 48. The Institute of Physics, Londres. 1953. 5s.

HALL, J. A.: *Practical Thermometry.* Pp. 51. The Institute of Physics, Londres. 1953. 5s.

KLEMPERER, O.: *Electron Optics.* Pp. 471. Cambridge University Press, Londres. 1953. 50s.

LYTTLETON, R. A.: *The Stability of Rotating Liquid Masses.* Pp. 150. Cambridge University Press, Londres. 1953. 35s.

SEGRÈ, E. (publié sous la direction de): *Experimental Nuclear Physics*, Vol. I. Pp. 789. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 120s.

WHITEHOUSE, W. J. et PUTMAN, J. L.: *Radioactive Isotopes.* Pp. 424. Oxford University Press, Londres. 1953. 50s.

SCIENCES GÉNÉRALES

NICOLLE, Jacques: *Un Maître de l'Enquête Scientifique — Louis Pasteur.* Pp. 222. La Colombe, Paris. 1953. fr. 610.

TYRRELL, G. W.: *The Earth and Its Mysteries* (La Terre et ses mystères). Pp. 278. G. Bell and Sons Limited, Londres. 1953. 16s.

ZOOLOGIE

GRASSÉ, Pierre-P.: (publié sous la direction de): *Traité de Zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie*, Vol. I, Partie II. *Protozoaires: Rhizopodes, Actinopodes, Sporozoaires, Cnidosporidies.* Pp. 1160. Masson et Cie, Paris. 1953. Cartonné fr. 9215; broché, fr. 9935.

TINBERGEN, A.: *Social Behaviour in Animals* (Le comportement social chez les animaux). Pp. 150. Methuen and Company Limited, Londres; John Wiley and Sons Inc., New York. 1953. 12s. 6d.

Notes biographiques sur les collaborateurs

FREDERICK CHALLENGER

Est né en 1887 et étudia la chimie au *Technical College* de Derby. Il travailla avec Kipping sur les dérivés organo-siliciés au *University College* de Nottingham (1908–10) et avec Wallach à Gœttingue sur les dérivés de la thujone. Maître de Conférences de chimie à l'Université de Birmingham (1912–20), Premier Maître de Conférences à l'Université de Manchester (1920–30). Est depuis cette dernière date professeur de chimie organique à l'Université de Leeds. Membre des Conseils de la *Chemical Society* (1934–7) et du *Royal Institute of Chemistry* (Vice-Président de 1948 à 51).

F. W. GIBBS

Est né en 1913 à Londres et a fait ses études au *University College* de cette ville. Fut conseiller scientifique spécial attaché au *British Council* de 1950 à 1951. Est actuellement secrétaire-adjoint et rédacteur au *Royal Institute of Chemistry*.

J. BERLIOZ

Etudia simultanément pendant plusieurs années aux facultés des sciences et de pharmacie de Paris et au Muséum national d'Histoire naturelle. En 1920 fut nommé assistant à la section des mammifères et des oiseaux du Musée, puis conservateur-en-chef et directeur.

M. W. CHIPLONKAR

Né à Poona en 1909, étudia à l'Université hindoue de Bénarès. Obtint son Doctorat-ès-sciences (physiques) à l'Université de Bombay en 1942 et reçut la médaille Moos en 1943. Il enseigna la physique au Collège S.P. de Poona, puis fut professeur en charge de l'école de radiophysique et d'électronique de la même ville et s'occupa à l'Université de Bombay de l'enseignement et des recherches supérieurs de physique. Il servit ensuite quelque temps de météorologiste au Département météorologique des Indes à Poona et Calcutta. Il dirige actuellement la section de physique à l'Université de Poona.

CHARLES SINGER

Est né à Londres et a étudié au *University College* de Londres, à *Magdalen College*, Oxford, et à l'Université de Heidelberg. Il a été Maître de Conférences d'histoire biologique à Oxford, professeur d'histoire de la médecine à l'Université de Londres et professeur temporaire d'histoire de la science à l'Université de Californie. On compte parmi ses œuvres *A History of Biology*, *Short History of Science* et *The Earliest Chemical Industry*.

F. L. C. BARANYOVITS

Né en Hongrie en 1908; obtint ses diplômes à l'Université des Sciences Agricoles de Budapest. Après un court séjour à Vienne il revint soutenir sa thèse de doctorat à Budapest et poursuivit pendant douze ans des recherches entomologiques, principalement dans le domaine de la protection de la plante, à l'Institut de Pathologie végétale de cette ville tout d'abord, puis à l'Institut Royal Hongrois de recherches pour la protection de la plante. Il entra en 1949 au Laboratoire Hawthorndale des *Imperial Chemical Industries Ltd.*, se spécialisant dans l'étude des Cochenilles et dans leur destruction.

L. A. SAYCE

Né à Newport, Monmouthshire, en 1896. Etudia à Armstrong College, Newcastle-upon-Tyne. Fut Maître de Conférences à l'Université de Durham de 1927 à 1940. Fit des recherches pendant la guerre sur le camouflage, et pour le compte de l'Amirauté. En 1948 quitta son poste de Directeur adjoint de recherches physiques à l'Amirauté pour devenir Chef de la division de la lumière au *National Physical Laboratory*.

Revues citées

Advanc. Enzymol. ..	*Advances in Enzymology and Related Subjects*, New York.
Ann. Phys., Lpz. ..	*Annalen der Physik*, Leipzig.
Arch. exp. Path. Pharmak.	*Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie*, Leipzig.
Ber. dtsch. chem. Ges. ..	*Bericht der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, Berlin.
Biochem. J.	*Biochemical Journal*, Cambridge.
Brit. med. J.	*British Medical Journal*, Londres.
Bull. ent. Res.	*Bulletin of Entomological Research*, Londres.
Chalmers tek. Högsk. Handl.	*Chalmers Tekniska Högskolas Handlingar*, Gœteborg.
Chem. Rev.	*Chemical Reviews*, Baltimore.
Fed. Proc.	*Federation Proceedings* (American Societies for Experimental Biology), Baltimore.
Helv. chim. acta ..	*Helvetica Chimica Acta*, Bâle.
Hilgardia	*Hilgardia.* A Journal of Agricultural Science. California Agricultural Experiment Station, Berkeley.
Hoppe-Seyl. Z.	*Hoppe-Seylers Zeitschrift für physiologische Chemie*, Strasbourg.
J. Amer. chem. Soc. ..	*Journal of the American Chemical Society*, Easton, Pa.
J. biol. Chem.	*Journal of Biological Chemistry*, Baltimore.
J. chem. Soc.	*Journal of the Chemical Society*, Londres.
J. Franklin Inst. ..	*Journal of the Franklin Institute*, Philadelphie.
J. Inst. Petrol. ..	*Journal of the Institute of Petroleum*, Londres.
J. sci. Instrum. ..	*Journal of Scientific Instruments*, Londres.
Liebigs Ann.	*Liebigs Annalen der Chemie*, Leipzig.
Nature, Lond.	*Nature*, Londres.
Phil. Mag.	*Philosophical Magazine*, Londres.
Phil. Trans.	*Philosophical Transactions of the Royal Society*, Londres.
Proc. Indian Acad. Sci. ..	*Proceedings of the Indian Academy of Sciences*, Bangalore.
Proc. Inst. Radio Engrs, N.Y.	*Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, New York.
Proc. roy. Soc.	*Proceedings of the Royal Society of London*, Londres.
Quart. J.R. met. Soc. ..	*Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Londres.
Quart. Rev. chem. Soc., Lond.	*Quarterly Reviews, Chemical Society*, Londres.
Rep. Progr. Chem. ..	*Annual Reports on the Progress of Chemistry* (Chemical Society), Londres.
Res. Bull. W. Scot. Coll. Agric.	*Research Bulletin.* West of Scotland College of Agriculture, Glasgow.
Trans. Ill. Acad. Sci. ..	*Transactions of the Illinois State Academy of Science*, Springfield.
Wireless World ..	*Wireless World*, Londres.
Zh. Obshch. Khim. ..	*Zhurnal Obshchei Khimi* [Journal de chimie générale], Moscou.